

新型

元器件快学巧用

XINXING YUANQIJIAN KUAI XUE QIAO YONG

必问精答

BIWEN JINGDA

阳鸿钧 等编著

新型元器件快学巧用 必问精答

阳鸿钧 等编著



机械工业出版社

本书针对读者在学习、应用一些新型元器件时常遇到的疑问、疑虑，给出言简意赅的解答，这些疑问、疑虑往往涉及这些元器件的基础知识与应用特点。本书中的元器件包括保护元器件、LED、IGBT、贴片元器件、液晶屏与触摸屏、摄像头。

本书适合无线电爱好者、维修人员、自学人员、相关学校相关专业师生阅读。

图书在版编目（CIP）数据

新型元器件快学巧用必问精答/阳鸿钧等编著. —北京：机械工业出版社，2012.2

ISBN 978-7-111-36227-2

I. ①新… II. ①阳… III. ①元器件—问题解答 IV. ①TB4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 218274 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张俊红 责任编辑：林 桢

版式设计：霍永明 责任校对：申春香

封面设计：陈 沛 责任印制：李 妍

北京外文印刷厂印刷

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·332 千字

0 001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-36227-2

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部：(010) 88379649

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

读者在学习、应用保护元器件、LED、IGBT、贴片元器件、液晶屏与触摸屏、摄像头时常会遇到一些疑问、疑虑，有待解答。

为此，我们编著了这本书。

本书就是针对学习、应用这些新型元器件时的疑问、疑虑的解答。全书由 5 章组成，共有三百多问。

第 1 章主要针对保护元器件的概述，具体种类的保护元器件（包括压敏电阻、放电管、TVS、ESD、熔断器等）基础知识与实际应用特点疑问的解答。第 2 章主要针对 LED 的概述、种类、驱动、检测、判断等知识与实际应用特点疑问的解答。第 3 章主要针对 IGBT 的概述、种类、命名规律、检测、引脚功能等知识与实际应用特点疑问的解答。第 4 章主要针对贴片元器件中的识读、代码等知识与实际应用特点疑问的解答。第 5 章主要针对液晶屏、触摸屏、摄像头的种类、原理、速查资料等知识与实际应用特点疑问的解答。

本书适合无线电爱好者、维修人员、自学人员、相关学校相关专业师生等人员阅读。

本书由阳鸿钧、任亚俊、欧小宝、任立志、阳梅开、阳红珍、许满菊、单冬梅、许小菊、阳荀妹、阳红艳、曾利亭、刘霞、唐良等编写。另外，本书在编写中参考了一些资料以及得到了没有署名的一些同志的帮助。在此，一并表示感谢。

由于编写时间仓促，书中有不尽如人意之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 保护元器件	1
1.1 保护元器件概述	1
【问 1】 瞬态干扰的影响表现在哪些方面？	1
【问 2】 保护元器件的分类与种类有哪些？	1
【问 3】 保护元器件的特性比较是怎样的？	2
【问 4】 瞬变电压抑制二极管与氧化锌压敏电阻应用的区别是什么？	2
【问 5】 保护元器件相关中英文对照速查是怎样的？	2
【问 6】 什么是机器模型？	3
【问 7】 人身上的静电有多高以及静电电压对人与元器件的危害是怎样的？	3
【问 8】 静电测量的主要参数有哪些？	3
【问 9】 防雷、过电压保护元器件有哪些？	3
【问 10】 过电压保护元器件的特性有哪些？	3
【问 11】 过电压保护元器件考虑的过电压有哪些？	4
【问 12】 防雷的主要方法有哪些？	4
【问 13】 几种防雷元器件的比较是怎样的？	4
1.2 压敏电阻	5
【问 14】 压敏电阻的特性是怎样的？	5
【问 15】 压敏电阻为什么又叫限幅器与斩波器？	5
【问 16】 压敏电阻主要参数有哪些？	5
【问 17】 压敏电阻使用有哪些注意事项？	6
【问 18】 压敏电阻的失效方式有哪些？	7
1.3 放电管	7
【问 19】 放电管的种类有哪些？	7
【问 20】 气体放电管的构成与工作原理是怎样的？	7
【问 21】 什么是开关放电管？	8
【问 22】 气体放电管参数中英文对照是怎样的？	8
【问 23】 气体放电管主要参数有哪些？	8
【问 24】 一些放电管产品型号命名规则是怎样的？	9
【问 25】 气体放电管应用领域有哪些？	10
【问 26】 气体放电管外形是怎样的？	10
【问 27】 什么是半导体放电管，它的特点是怎样的？	11
【问 28】 半导体放电管的基本工作原理是怎样的？	11
【问 29】 半导体放电管的主要应用在哪些设备或者领域？	11

【问 30】 半导体放电管参数符号中文对照是怎样的？	11
【问 31】 一些半导体放电管的代换速查是怎样的？	11
【问 32】 一些半导体放电管外形速查是怎样的？	13
【问 33】 一些半导体放电管内部结构与引脚分布速查是怎样的？	14
【问 34】 怎样选择放电管？	14
1.4 TVS 与 ESD	15
【问 35】 什么是 TVS？ 它的符号是怎样的？	15
【问 36】 TVS 的特性曲线是怎样的？	15
【问 37】 玻璃钝化 TVS 与酸洗 TVS 的对比是怎样的？	15
【问 38】 TVS 二极管与稳压二极管、陶瓷电容、MLV 的比较是怎样的？	15
【问 39】 低压低电容 TVS 二极管的特点与主要应用是怎样的？	16
【问 40】 TVS 二极管的特点是怎样的？	16
【问 41】 TVS 二极管是怎样分类的？	16
【问 42】 晶片型 TVS 二极管的结构特点是怎样的？	17
【问 43】 TVS 二极管主要参数有哪些？	17
【问 44】 TVS 二极管型号命名规律是什么？	18
【问 45】 ST 公司的 TVS 二极管命名规律是什么？	18
【问 46】 ST 公司的 TVS 二极管是怎样识读的？	22
【问 47】 Starhope 的 TVS 二极管是怎样识读的？	22
【问 48】 ON SEM 的 TVS 二极管是怎样识读的？	22
【问 49】 TVS 二极管的等效模型是怎样的？	23
【问 50】 为什么要应用 ESD 保护元器件？	23
【问 51】 ESD 保护元器件有哪些？	23
【问 52】 ESD 保护的分类有哪些？	23
【问 53】 ESD 二极管主要参数有哪些？	24
【问 54】 什么是聚合体 ESD 保护元器件？	24
【问 55】 怎样应用 ESD 保护元器件？	24
【问 56】 怎样选择 TVS 二极管应用 ESD 保护？	24
【问 57】 TVS 二极管应用 ESD 保护与浪涌保护的比较是怎样的？	25
1.5 熔断器	26
【问 58】 过电流保护元器件有哪些？	26
【问 59】 什么是熔断器？ 它的功能是怎样的？	26
【问 60】 熔断器的结构是怎样的？	26
【问 61】 熔断器的工作原理是怎样的？	26
【问 62】 自恢复熔断器的工作原理是怎样的？	26
【问 63】 熔断器的分类有哪些？	27
【问 64】 熔断器的一些参数与术语是怎样的？	27
【问 65】 自恢复熔断器参数有哪些？	28
【问 66】 怎样识读 RF60-110B 熔断器？	29

【问 67】 怎样选择贴片熔断器?	29
【问 68】 影响熔断器寿命的因素有哪些?	29
1.6 热敏电阻	29
【问 69】 PTC 热敏电阻有关术语速查是怎样的?	29
【问 70】 PTC 热敏电阻识读方法是怎样的?	30
【问 71】 什么是 NTC 热敏电阻?	30
【问 72】 NTC 热敏电阻术语速查是怎样的?	31
【问 73】 什么是荧光灯智能 PTC 热敏电阻?	31
第 2 章 LED	32
2.1 概述	32
【问 1】 什么是光?	32
【问 2】 四代光源具体是指哪些光源?	32
【问 3】 怎样识读灯具的国际 IP 等级 (防尘防水)?	32
【问 4】 什么是 LED?	33
【问 5】 LED 的常见分类有哪些?	33
【问 6】 国产发光二极管型号命名规律 (部标 FG) 是怎样的?	36
【问 7】 PHILIPS - Lumileds 功率 LED 的命名规律是怎样的?	36
【问 8】 LED 内部结构是怎样的?	37
【问 9】 怎样识别 LED 的电极?	38
【问 10】 LED 的 $I-V$ (伏安) 特性是怎样的?	40
【问 11】 怎样理解 LED 特性图?	41
【问 12】 LED 的主要极限参数有哪些?	41
【问 13】 LED 的主要电参数有哪些?	42
【问 14】 LED 的性能指标有哪些?	43
【问 15】 LED 亮度常见有哪些单位? 它们是怎样换算的?	44
【问 16】 一些 LED 术语的含义是怎样的?	44
【问 17】 LED 有哪些常见的分级?	45
【问 18】 什么是二元、三元、四元 LED 芯片?	45
【问 19】 插件 LED 折脚、弯脚有哪些注意事项?	45
【问 20】 LED 焊接有什么要求?	47
【问 21】 学习与应用 LED 有关中英文对照是怎样的?	47
2.2 检测与判断	48
【问 22】 怎样采用电容法与万用表检测与判断 LED 的好坏?	48
【问 23】 怎样采用万用表检测与判断 LED 的好坏?	49
【问 24】 怎样采用万用表检测 LED 的工作能力?	49
【问 25】 怎样采用直观判断法检测 LED 的极性?	49
【问 26】 怎样检测与判断单色 LED 的极性?	49
【问 27】 怎样采用万用表检测与判断自闪二极管电极的极性?	49
【问 28】 怎样采用万用表判断自闪二极管的好坏?	49

【问 29】	怎样采用万用表判断变色 LED 的引脚?	49
【问 30】	怎样采用观察法判断红外 LED 的极性?	50
【问 31】	怎样采用万用表判断红外 LED 的极性?	50
【问 32】	怎样采用万用表检测红外 LED 的性能?	50
【问 33】	怎样采用万用表判断红外 LED 的好坏?	50
【问 34】	怎样检测 LED 灯珠?	50
【问 35】	怎样检测 LED 是否为多只 LED?	50
2.3 驱动		50
【问 36】	LED 驱动有哪些特点?	50
【问 37】	LED 驱动电路有哪些类型?	51
【问 38】	LED 驱动集成电路的控制模式有哪些?	57
【问 39】	调光技术有哪几种类型?	58
【问 40】	降压式 PWM LED 驱动集成电路的应用特点是怎样的?	59
【问 41】	升压类 LED 驱动集成电路是怎样的?	64
【问 42】	数字控制 LED 驱动器特点是怎样的?	66
【问 43】	电荷泵 LED 驱动集成电路的特点是怎样的?	66
【问 44】	隔离 LED 驱动电路的特点是怎样的?	66
【问 45】	单 LED 驱动集成电路的应用特点是怎样的?	67
【问 46】	怎样为便携设备背光或闪光应用选择 LED 驱动器?	68
【问 47】	怎样选择升压与降压型恒流源?	68
【问 48】	LED 点阵驱动有什么特点?	69
【问 49】	怎样选择限流电阻?	69
【问 50】	LED 驱动集成电路 PCB 布板时需要考虑的注意事项有哪些?	69
【问 51】	LED 驱动集成电路引脚功能是怎样的?	69
【问 52】	LED 驱动集成电路参数符号名称是怎样的?	71
【问 53】	贴片 LED 驱动集成电路型号代码速查是怎样的?	73
【问 54】	怎样识读 TB62757FUG 印字信息?	75
【问 55】	怎样识读 KC24AH 系列 PWM 调光 LED 恒流驱动器?	75
【问 56】	怎样识读 AP3127 上的打印信息?	75
【问 57】	如何代换 LED 驱动集成电路?	76
2.4 应用		77
【问 58】	旅馆建筑照明的照度标准值是怎样的?	77
【问 59】	商业建筑照明的照度标准值是怎样的?	77
【问 60】	公共场所照明的照度标准值是怎样的?	77
【问 61】	影院、剧场建筑照明的照度标准值是怎样的?	78
【问 62】	住宅建筑照明的照度标准值是怎样的?	79
【问 63】	LED 在液晶显示屏 (LCD) 中应用的特点是怎样的?	79
【问 64】	LED 液晶电视背光方案的比较是怎样的?	80
【问 65】	应用 LED 灯可达到多少电流值?	81

【问 66】	设计 LED 照明的一般步骤是怎样的？	81
【问 67】	怎样估计 LED 灯照明的光学系统、热系统、电气系统的效率？	81
【问 68】	LED 照明方案有哪些？	81
【问 69】	怎样选择 LED 数量？	82
【问 70】	LED 的电源有哪些要求？	82
【问 71】	红外线 LED 有什么特点？	82
【问 72】	红外线 LED 有哪些种类？	82
【问 73】	蓝光 LED 是怎样实现的？	83
【问 74】	白光 LED 的实现方法有哪些？	83
【问 75】	白光 LED 与高亮度 LED 应用时怎样选择？	83
【问 76】	汽车灯选择 LED 有什么优势？	83
【问 77】	LED 在灯具中有哪些应用？	83
【问 78】	LED 灯带有哪些种类？	84
【问 79】	怎样判断 LED 灯带的优劣？	84
【问 80】	LED 彩虹管的主要参数有哪些？	84
【问 81】	LED 彩虹管的几线是什么意思？	85
【问 82】	什么是 LED 模组？	85
【问 83】	LED 模组的参数有哪些？	85
【问 84】	LED 模组有哪些分类？	85
【问 85】	什么是食人鱼 LED？它的特点是怎样的？	85
【问 86】	LED 与 LED 模组应用注意事项有哪些？	85
【问 87】	什么是 OLED？	86
【问 88】	LED 灯座规格有哪些？它们的特点是怎样的？	86
【问 89】	LED 日光灯的安装步骤是怎样的？	87
【问 90】	原日光灯怎样改造成 LED 日光灯？	87
【问 91】	LED 日光灯安装时应注意哪些事项？	87
【问 92】	LED 吸顶灯在家装安装中的要领与注意事项有哪些？	87
【问 93】	怎样安装 LED 筒灯？	88
【问 94】	怎样安装 LED 外控护栏灯？	88
【问 95】	怎样安装 LED 内控护栏灯？	89
【问 96】	单条 LED 条正常，几条 LED 条连接后有的微亮而有的不亮，这是为什么？	89
【问 97】	怎样应用 LED 闪光灯？	89
【问 98】	LED 闪光灯的驱动类型有哪些？它们的特点是怎样的？	89
【问 99】	单片机的 LED 驱动接口是怎样的？	89
【问 100】	LED 显示屏的色彩一致性受哪些因素影响？	90
【问 101】	LED 字符显示器的特点是怎样的？	90
【问 102】	什么是 LED 点阵与 LED 点阵显示器？	90
【问 103】	LED 显示屏的表贴与亚表贴有什么差异？	90
【问 104】	ROHM 的点阵 LED 命名规律是怎样的？	90

【问 105】 汽车 LED 灯的种类以及它们的特点是怎样的?	91
【问 106】 怎样排除 LED 单色灯常见故障?	91
【问 107】 LED 同步七彩灯常见故障原因有哪些?	91
第 3 章 IGBT	92
3.1 概述	92
【问 1】 理想开关的特点是怎样的?	92
【问 2】 什么是半导体开关管的开通损耗?	92
【问 3】 什么是半导体开关管的关断损耗?	93
【问 4】 什么是开关损耗?	93
【问 5】 开关的主动开通与被动开通是怎样的?	93
【问 6】 开关的主动关断与被动关断是怎样的?	93
【问 7】 什么是零电流开关?	93
【问 8】 什么是零电压开关?	93
【问 9】 什么是硬开关? 它的特点是怎样的?	93
【问 10】 什么是软开关? 它的特点是怎样的?	94
【问 11】 软开关电路的种类有哪些?	94
【问 12】 什么是中性开关?	94
【问 13】 什么是开关的单管与多管?	94
【问 14】 什么是 IGBT?	94
【问 15】 IGBT 的理想等效电路是怎样的?	94
【问 16】 什么是 PIM?	95
3.2 种类与结构	95
【问 17】 IGBT 的发展类型是怎样的?	95
【问 18】 不同类型的 IGBT 结构是怎样的?	96
【问 19】 蚀刻模块单元的微细化技术的特点是怎样的?	97
【问 20】 什么是 NPT 技术?	97
【问 21】 什么是 SPT?	97
【问 22】 什么是 Trench 结构?	97
【问 23】 为什么 PT IGBT 不适合并联使用?	97
【问 24】 沟槽栅 IGBT 与平面栅 IGBT 的比较是怎样的?	97
【问 25】 IGBT 有哪些规格产品?	97
【问 26】 什么是三菱的 MPD?	97
【问 27】 富士电机 R-IPM、R-IPM3 系列的分类以及其特点是怎样的?	98
【问 28】 英飞凌与三菱 IGBT 模块系列速查是怎样的?	99
【问 29】 什么是 FWD 技术?	99
【问 30】 英飞凌的 IGBT4 与 IGBT3 共同的优点有哪些?	99
【问 31】 英飞凌的 IGBT4-T4 有哪些特点?	99
【问 32】 英飞凌的 IGBT4-E4 有哪些特点?	99
【问 33】 英飞凌的 IGBT4-P4 有哪些特点?	99

3.3 参数与性能及应用	99
【问 34】 IGBT 的主要参数速查是怎样的?	99
【问 35】 IGBT 的参数识读技巧是怎样的?	101
【问 36】 IGBT 的参数涉及的测量条件、定义内容速查是怎样的?	102
【问 37】 IGBT 常用参数是怎样定义的?	103
【问 38】 IPM 的主要参数有哪些?	104
【问 39】 DIP IPM 的主要参数有哪些?	106
【问 40】 DIP IPM 的参数涉及的测量条件、定义内容是怎样的?	107
【问 41】 IGBT 的输出特性是怎样的?	108
【问 42】 IGBT 的转移特性是怎样的?	109
【问 43】 IGBT 安全操作区的特点是怎样的?	109
【问 44】 IGBT 的电流规格 I_C 参数的选择技巧是怎样的?	110
【问 45】 怎样选择 IGBT 的电压等级?	110
【问 46】 IGBT 结温 T_j 参数是怎样选择与应用的?	110
【问 47】 IGBT 栅极电阻对 IGBT 特性与应用有什么影响?	110
【问 48】 怎样选择栅极电阻?	111
【问 49】 怎样估算栅极电阻?	111
【问 50】 怎样估算栅极电阻的功率能力?	111
【问 51】 怎样估算栅极电荷?	111
【问 52】 为什么在应用 IGBT 时不能够超过栅极最大额定电压?	112
【问 53】 栅极开通电压 $+V_{GE}$ 对饱和电压、短路电流的影响是怎样的?	112
【问 54】 栅极关断电压 $-V_{GE}$ 或选择 0V 对 IGBT 的影响是怎样的?	112
【问 55】 栅极电容 C_{GS} 有什么特点? 对 IGBT 的驱动有什么影响?	112
【问 56】 IGBT 的正偏置电压 $V_{GE(on)}$ 与 V_{CE} 、 E_{on} 有什么关系?	112
【问 57】 怎样估算 IGBT 开关损耗?	112
【问 58】 怎样估算 IGBT 通态损耗?	112
【问 59】 IGBT 的电流波形在导通过程中为什么会出现 I_r ?	112
【问 60】 IGBT 的电压波形在关断过程中为什么会出现 U_r ?	112
【问 61】 怎样选择 IGBT 续流二极管?	113
【问 62】 IGBT 的散热特点是怎样的? 与什么参数有关联?	113
【问 63】 什么是热阻? 怎样估计 IGBT 的热阻?	113
【问 64】 怎样估算 IGBT 的损耗?	114
【问 65】 IGBT 散热器的安装技巧是怎样的?	114
【问 66】 IGBT 模块螺钉的安装技巧与技法是怎样的?	114
【问 67】 SKiPPACK 基本结构有什么特点?	114
【问 68】 什么是 IGBT 的短路耐受能力?	114
【问 69】 IGBT 的过电流保护有哪些类型?	116
【问 70】 IGBT 过电流检测电路有哪些类型?	116

【问 71】 IGBT 需要过电压保护的原因有哪些?	116
【问 72】 IGBT 过电压抑制的方法与电路有哪些?	116
【问 73】 晶体管与 IGBT 驱动要求的差别是什么?	116
【问 74】 IGBT 驱动电路有哪些种类?	118
【问 75】 IGBT 的栅极驱动电路是怎样的?	118
【问 76】 怎样估算 IGBT 驱动器的驱动功率、栅极电流?	119
【问 77】 IGBT 驱动电路对开通正栅压 $+V_{GE}$ 有什么要求?	119
【问 78】 IGBT 驱动电路对关断负栅压 $-V_{GE}$ 有什么要求?	120
【问 79】 设计 IGBT 栅极驱动电路有哪些注意事项?	120
【问 80】 IGBT 驱动器输出功率与 C_{ies} 、 C_{res} 、 C_{oes} 、 C_{GC} 、 C_{GE} 参数有什么关联?	120
【问 81】 IGBT 驱动电压上升速率有要求吗?	120
【问 82】 IGBT 模块同类型模块的电流有什么判断技巧?	120
【问 83】 应用 IGBT 时, 其开关损耗为什么增大了?	120
【问 84】 应用 IGBT 时, 为什么会有过大的 IGBT 电压尖峰?	121
【问 85】 栅极电阻与 IGBT 间的距离长了一点怎么办?	121
【问 86】 应用 IGBT 时, 栅极电阻为什么会过热或烧毁?	121
【问 87】 应用 IGBT 时, 为什么会有 EMI 噪声?	121
【问 88】 应用 IGBT 时, 栅极为什么会振荡?	121
【问 89】 IGBT 在变频器中有应用吗?	121
【问 90】 IGBT 应用有哪些注意事项?	122
3.4 引脚端子	122
【问 91】 富士电机 IPM 主端子符号与其说明是怎样的?	122
【问 92】 DIP IPM 引脚功能与符号是怎样的?	122
【问 93】 IPM 引脚功能与符号是怎样的?	124
3.5 型号与批号	125
【问 94】 东芝 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	125
【问 95】 斯达半导体的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	126
【问 96】 SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	126
【问 97】 西门子系列的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	128
【问 98】 英飞凌 (优派克) 系列的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	129
【问 99】 IR 的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?	129
【问 100】 富士电机 IPM 的命名方法与规律是怎样的?	130
【问 101】 富士电机 IPM 的批号命名方法与规律是怎样的?	130
【问 102】 三菱电机 IGBT 模块命名方法与规律是怎样的?	130
【问 103】 三菱电机 IPM 模块命名方法与规律是怎样的?	131
【问 104】 三菱电机 L1 系列 IPM 命名方法与规律是怎样的?	131
【问 105】 三菱电机 IGBT 模块批号命名方法与规律是怎样的?	132
3.6 故障与检测	132
【问 106】 IPM 损坏的原因有哪些?	132

【问 107】 变频器中 IGBT 的损坏原因有哪些?	133
【问 108】 IGBT 简易检测方法是怎样的?	133
【问 109】 怎样检测双单元 IGBT?	134
3.7 其他	134
【问 110】 电动机应用 IGBT 模块选型速查是怎样的?	134
【问 111】 富士电机 IGBT 模块引脚功能速查是怎样的?	135
【问 112】 英飞凌的 IGBT4 - T4 与 IGBT4 - T3 产品对应的替代是怎样的?	135
【问 113】 三菱电机 IGBT 模块、整流二极管适用相应电动机、变频器 (通用) 速查是 怎样的?	137
【问 114】 三菱电机 IGBT 模块接线方式与 infineon 接线方式的对应速查是怎样的?	138
【问 115】 IGBT 驱动专用集成电路的分类有哪些?	138
【问 116】 IGBT 驱动专用集成电路适用 IGBT 驱动模块速查是怎样的?	139
【问 117】 GH - 038IGBT 驱动专用集成电路是怎样的?	140
【问 118】 TX - KC101 型 IGBT 驱动专用集成电路是怎样的?	141
【问 119】 有关中英文对照速查是怎样的?	142
第 4 章 贴片元器件	145
【问 1】 贴片分立元器件的封装形式有哪些?	145
【问 2】 二极管的识读技法是怎样的?	146
【问 3】 晶体管的识读技法是怎样的?	147
【问 4】 场效应晶体管的识读技法是怎样的?	149
【问 5】 晶闸管的识读技法是怎样的?	151
【问 6】 贴片集成电路的封装外形有哪些?	151
【问 7】 插件集成电路的识读技法是怎样的?	152
【问 8】 贴片集成电路的识读技法是怎样的?	153
【问 9】 贴片集成电路批号是怎样的?	158
【问 10】 贴片集成电路 1 脚标志的类型有哪些?	161
【问 11】 贴片集成电路型号的识读技法是怎样的?	161
【问 12】 贴片集成电路引脚分布特点是怎样的?	161
【问 13】 贴片集成电路的使用、应用注意事项有哪些?	165
【问 14】 稳压器贴片集成电路的参数名称有哪些?	165
【问 15】 低压差稳压器主要引脚的功能有哪些?	166
【问 16】 放大器的参数有哪些?	167
【问 17】 振荡器的参数有哪些?	167
【问 18】 逻辑电路的参数有哪些?	167
【问 19】 电压检测器与电压监控器、复位器的参数有哪些?	167
【问 20】 电压检测器与电压监控器、复位器引脚的功能有哪些?	167
【问 21】 A - D 转换器参数与 A - D 转换器引脚的功能有哪些?	169
【问 22】 A - D 转换器的主要技术指标有哪些?	169
【问 23】 D - A 转换器的主要技术参数与 D - A 转换器引脚的功能有哪些?	169

【问 24】 温度传感器与温度控制器的参数和引脚的功能有哪些?	169
【问 25】 开关电容电压转换器的参数与开关电容电压转换器引脚的功能有哪些?	171
【问 26】 DC/DC 变换器的参数与 DC/DC 变换器引脚的功能有哪些?	171
【问 27】 LED 转换器/驱动器的参数有哪些?	171
【问 28】 LED 转换器/驱动器引脚的功能有哪些?	171
【问 29】 二次调节器/驱动器的参数有哪些?	172
【问 30】 基准集成电路的参数与基准集成电路引脚的功能有哪些?	173
【问 31】 逻辑集成电路的参数与逻辑集成电路真值表中的英文符号有哪些?	173
【问 32】 LVDS 线路接收器的参数与 LVDS 线路接收器引脚的功能有哪些?	174
【问 33】 负载开关的参数与负载开关引脚的功能有哪些?	174
【问 34】 电平转换器的参数与电平转换器引脚的功能有哪些?	175
第 5 章 液晶屏与触摸屏、摄像头	176
5.1 液晶屏	176
【问 1】 LCD 产品类型有哪些?	176
【问 2】 液晶屏参数与特点是怎样的?	182
【问 3】 液晶相关术语中英文对照是怎样的?	183
【问 4】 LVDS 驱动器的主要电特性参数有哪些?	185
【问 5】 LVDS 接收器的主要电特性参数有哪些?	186
【问 6】 TFT-LCD 液晶屏分辨率有哪些?	186
【问 7】 产品应用常见液晶屏类型是怎样的?	186
【问 8】 一些液晶屏应用手机与 PDA 对照是怎样的?	187
【问 9】 液晶屏命名规律是怎样的?	190
【问 10】 常规 LVDS 接口液晶屏定义是怎样的?	190
【问 11】 AMT 触控面板与可以适合搭配的液晶面板对照是怎样的?	192
【问 12】 液晶面板与适用驱动块对应是怎样的?	193
【问 13】 一些 LED 液晶屏的特点是怎样的?	193
【问 14】 液晶屏有关要点知识的解答是怎样的?	194
5.2 触摸屏、摄像头	195
【问 15】 触摸屏的种类及其特点是怎样的?	195
【问 16】 多点触摸屏的特点与种类是怎样的?	197
【问 17】 摄像头有哪些种类?	198
【问 18】 摄像头的工作原理是怎样的?	198
【问 19】 摄像头常见结构的特点是怎样的?	198
【问 20】 摄像电路中的 A-D 转换器的特点是怎样的?	199
【问 21】 摄像电路中数字信号处理芯片的特点是怎样的?	199
【问 22】 摄像头的技术指标以及其特点是怎样的?	199
【问 23】 摄像头与对焦技术的关系是怎样的?	200
【问 24】 摄像头常见问题与原因是怎样的?	200

第 1 章 保护元器件

1.1 保护元器件概述

【问 1】 瞬态干扰的影响表现在哪些方面？

【答】 瞬态干扰的影响表现方面见表 1-1。

表 1-1 瞬态干扰的影响表现方面

名 称	影 响
电快速瞬变脉冲群	影响数字逻辑电路、引发软故障等
静电放电	影响高输入阻抗电路、引发高压绝缘击穿、引发热失常等
浪涌	影响传输或存储的数据、影响元器件、影响电路板等

【问 2】 保护元器件的分类与种类有哪些？

【答】 保护元器件的分类与种类见表 1-2。

表 1-2 保护元器件的分类与种类

分 类	种 类
电压保护（放电型、限幅型）	瞬时电压抑制器
	压敏电阻
	双极放电管
	三极放电管
电流保护（非自复型、自复型）	浪涌电流 PTC 限制器
	浪涌电流 NTC 限制器
	过电流保护用 PTC
	通信保护用 PTC
过热保护	限温 PTC 传感器
	LED 驱动器温度控制器
高频干扰保护	铁氧体磁珠

保护元器件还可以从导通的类型来分类，如图 1-1 所示。

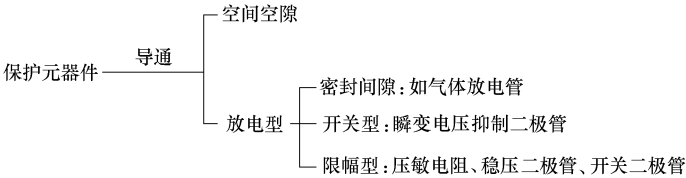


图 1-1 保护元器件从导通的类型来分类

另外，保护组件就是由几种不同功能的元件组合而成，具有一定保护功能的组合件。广义上讲保护组件也属于保护元器件。

一些保护元器件在浪涌电压出现时的保护图例曲线如图 1-2 所示。

【问 3】 保护元器件的特性比较是怎样的？

【答】 一些保护元器件的特性比较见表 1-3。

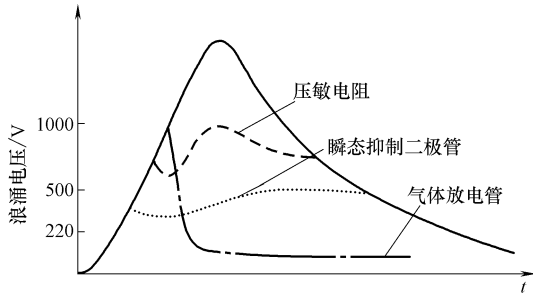


图 1-2 一些保护元器件在浪涌电压出现时的保护图例曲线

表 1-3 一些保护元器件的特性比较

保护元器件	耐流能力	残压	响应时间	电容	使用范围	说 明
气体放电管	最强	最高	最慢	最小	第 1、2 级保护	放电间隙封装在玻璃、陶瓷管或其他介质内，管内再充以一定压力的惰性气体构成的一种保护元件
压敏电阻	强	较高	较快	最小	第 1、2 级保护	由氧化锌或碳化硅晶体微粒组成的多晶半导体过电压抑制元件。其主要指标有压敏电压、残压或残压比、耐流能力、极间电容等。压敏电阻具有非线性特性好、通流容量大、常态泄漏电流小、残压水平低、动作响应快、无续流等优点
瞬态二极管	较强	低	快	较大	第 1 或者 2 级保护 (慎用第 1 级保护)	两个背靠背的 PN 结组成的开关型半导体器件
稳压管	弱	更低	快	较大	第 2、3 级保护	属于半导体器件，动作速度快、限幅电压低
开关二极管	最弱	更低	最快	小	第 3、4 级保护	属于半导体器件，动作速度快、限幅电压低

【问 4】 瞬变电压抑制二极管与氧化锌压敏电阻应用的区别是什么？

【答】 瞬变电压抑制（TVS）二极管与氧化锌压敏电阻（变阻器）均可以作为防浪涌元器件使用。但是，它们的应用特点不同，瞬变电压抑制（TVS）二极管常用于器件级保护与板级保护，而氧化锌压敏电阻（变阻器）常用于整机级高压保护。

【问 5】 保护元器件相关中英文对照速查是怎样的？

【答】 保护元器件相关中英文对照速查见表 1-4。

表 1-4 保护元器件相关中英文对照速查

英 文	中 文	英 文	中 文
Bi-directional Protected	双向保护	DSC	数码相机
Breakdown Voltage	崩溃电压	Electrode	电极
Capacitance	电容值	EPA	静电保护区
CDM	带电器件模型	ESD	静电放电
Ceramic Layer	薄膜叠层	ESD Withstands	耐静电能力
Clamping Voltage	钳位电压	ESDA	美国静电放电协会

(续)

英 文	中 文	英 文	中 文
Gas Discharge Tubes	气体放电管	PTC Thermistor	PTC 热敏电阻
GPP	玻璃钝化	Response Time	反应时间
HBM	人体模型	Secondary Protection	二级保护
Leakage Current	漏电流	Silicon Avalanche Diodes	半导体雪崩二极管
Line Feed Resistor	馈线电阻	Snubber Capacitors	缓冲电容
Metal Oxide Varistors、Voltage Depen—dent Resistor	压敏电阻	Surge	浪涌
MLV	多层金属氧化物结构器件	Termination Edge	端极边缘
MM	机器模型	Thyristors	半导体晶闸管
NTC Thermistors	NTC 热敏电阻	TVS (Transient Voltage Suppressor)	瞬态电压抑制器
OJ	酸洗	Working Voltage	工作电压
Protection Component	保护元件	Zener Diodes	稳压二极管

【问 6】 什么是机器模型？

【答】 自动装配设备使用传动带、导轨、元器件运送器与其他装置来移动器件使之按要求的方向运动，当设备设计、制造等存在不妥，运送系统、传动带、导轨、元器件运送器等可能会积累大量电荷，并且电荷在工艺过程中通过器件泄放。这种设备部件通过器件放电的模式即是常称的机器模型。

【问 7】 人身上的静电有多高以及静电电压对人与元器件的危害是怎样的？

【答】 干燥的季节，穿上化纤衣服与绝缘鞋在绝缘的地面行走等活动时，人体身上的静电可达几千伏甚至几万伏。

静电电压对人的危害表现如下：

- 1) 静电电压达到 2000V 时，手指有感觉。
- 2) 静电电压超过 3000V 时，有火花出现，手指有针刺似的痛感。
- 3) 静电电压超过 7000V 时，人就有电击感。

静电电压一般属于高压，因此，很容易突破元器件的极限参数，从而损坏元器件。因此，采用保护元器件，可以避免元器件受静电电压破坏。

【问 8】 静电测量的主要参数有哪些？

【答】 静电测量的主要参数见表 1-5。

表 1-5 静电测量的主要参数

名 称	说 明
电荷量	电荷量就是指电荷的多少。电荷量的多少一般用电量 Q 表示，单位是 C
静电电压	静电电压一般很高，常用的单位为 kV

【问 9】 防雷、过电压保护元器件有哪些？

【答】 防雷或过电压保护元器件有瞬态抑制二极管、压敏电阻、放电管、稳压二极管、晶闸管、NTC 热敏电阻、馈线电阻、缓冲电容等，具体根据线路特点与要求来选择。

【问 10】 过电压保护元器件的特性有哪些？

【答】 过电压保护元器件的特性如下：

- 1) 承受一定的冲击能量也不会损坏。
- 2) 能迅速地抑制瞬间过电压，且残压低于设备的安全值。
- 3) 对过电压的影响速度要快。
- 4) 在正常状态时是高阻抗，并且从高（低）阻抗转到低（高）阻抗时间要极短。
- 5) 元器件本身有高可靠性。
- 6) 元器件具有一定的稳定性。
- 7) 元器件受多次冲击而性能不变，具有一定的使用寿命。

【问 11】 过电压保护元器件考虑的过电压有哪些？

【答】 过电压保护元器件考虑的过电压如下：

- 1) 保护元器件动作的过电压。
- 2) 保护元器件动作前的瞬态过电压。
- 3) 保护元器件动作后的端（过）电压。
- 4) 保护动作引起的电路保护动作后的端（过）电压。
- 5) 保护动作引起的电路瞬态过电压等。

【问 12】 防雷的主要方法有哪些？

【答】 防雷的主要方法见表 1-6。

表 1-6 防雷的主要方法

名 称	说 明
躲避	也就是躲避雷击区或雷击点，即选择线路的路由、设备安放点，有意识地尽量避开在理论上、经验上、实际上的雷击区或雷击点
横截	采用一定的保护元器件，旁路或限制进入系统内的雷电压（或者雷电流），从而减轻系统受损的程度或在系统能承受的水平之下
提高耐雷能力	通过一定的手段改造设备的耐雷能力

【问 13】 几种防雷元器件的比较是怎样的？

【答】 几种防雷元器件的比较见表 1-7。

表 1-7 几种防雷元器件的比较

项目	压敏电阻	晶闸管半导体	TVS	气体放电管
残压比率	残压系数在 2 以上左右	残压系数在 1.5 左右	残压比（系数）小，一般在 1.4 左右	在直流为 90V 和 1kV/ μ s 状况下。动作电压达 700 ~ 800V
结电容值	最大	小	小	最小
漏电流	大	漏电流小	较小	几乎没有漏电流
通流量	通流量仅次于气体放电管	比较大	流通量最小，处理峰值电流能力弱	通流量最大
响应时间	速度次于 TVS	ns 级	响应时间快	反应速度慢
应用	基本上应用于电源防雷，而不能用于数据线上的保护	用在电话机、调制解调器、电压较高的信号防雷器、通信交换机	数据线和数据端口的保护、芯片抗干扰保护	信号线防雷等应用
质量衰减	有明显的质量衰减	没有质量衰减	没有明显的质量衰减	有明显的质量衰减

1.2 压敏电阻

【问 14】 压敏电阻的特性是怎样的？

【答】 压敏电阻（见图 1-3）的电阻值随电压呈非线性变化，即当压敏电阻两端所加电压在标称电压内，其阻值很大，处于高阻状态，漏电流也小；当两端电压超过额定电压时，其阻值很快下降，压敏电阻导通，工作电流增加，反应时间很短（为 μs 级），其特性曲线如图 1-4 所示。

氧化锌压敏电阻是常见的一种压敏电阻，现以它的结构来介绍压敏电阻的特性。氧化锌压敏电阻的主体材料由二价元素锌与六价元素氧所构成。氧化锌颗粒构成二极管（见图 1-5），周围的矩阵组成一些平行与不平行的二极管阵列。压敏电阻在电压低时，每个微型二极管都呈极低电压且只有很小的电流通过。在高电压时，个别二极管开始导通且压敏电阻的阻抗下降。颗粒尺寸、颗粒间矩阵材料性质、陶瓷厚度、陶瓷引脚附着物等因素决定压敏电阻的特性。

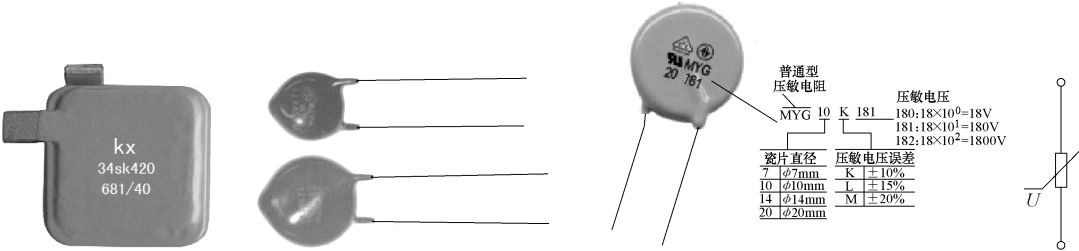


图 1-3 压敏电阻与符号

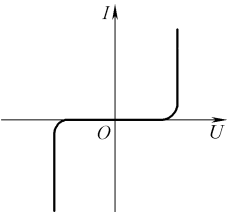


图 1-4 压敏电阻特性曲线

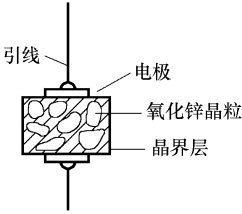


图 1-5 氧化锌压敏电阻结构

另外，陶瓷压敏电阻比稳压二极管的最大允许电流与额定功率耗散值大得多。一个压敏电阻的电流 - 电压（ $I-U$ ）曲线与双向 TVS 器件相似。

【问 15】 压敏电阻为什么又叫限幅器与斩波器？

【答】 压敏电阻之所以有时叫做限幅器，主要原因是在其应用电路中，如果电网叠加有过电压脉冲时，压敏电阻会把过电压脉值波形削低，限制在一定幅度。

压敏电阻之所以有时叫做斩波器，主要原因是如果当开启或关闭带有感性、容性负载电路时，波形可能会出现开、关尖脉冲，接入的压敏电阻能吸收该反电动势。

实际上，压敏电阻的应用比较多，例如防雷击、过电压保护、抑制脉冲电压、吸收浪涌电压、限幅、减弧、稳压、削波、吸收电能等。

【问 16】 压敏电阻主要参数有哪些？

【答】 压敏电阻主要参数见表 1-8。

表 1-8 压敏电阻主要参数

符号	名称	说 明
C_P	电容量	压敏电阻在规定的频率下的电容量
E_S	能量耐量	能量耐量是指在加载 1 次 2ms 的方形波时, 表示压敏电阻电压的变化率相对于初期值停留在 10% 以内时的最大能量的量。当压敏电阻吸收超过该值的能量时有可能发生故障。因此, 选择压敏电阻时, 注意选择超过预测能量值的压敏电阻, 并考虑留有一定余地
I_L	漏电流	压敏电阻两端电压等于标称电压的 75% 时, 通过压敏电阻的直流电流
I_M	最大允许电流量	规定时间 (8/20 μ s) 内, 允许通过压敏电阻脉冲电流的最大值
I_P	最大浪涌电流	在单个规定的脉冲波形 (10/1000 μ s) 下, 保证压敏电阻正常工作时, 其所能承受的最大脉冲能量
V_{1mA} 、 $V_{0.1mA}$ 或者 V_{10mA}	标称电压	标称电压又叫做压敏电压, 其指压敏电阻通过 1mA 直流电流时, 其两端的电压值。直径小于 7mm 的压敏电阻, 则以 $V_{0.1mA}$ 为标称电压。低压敏电压大允许电流特点的, 一般以 V_{10mA} 为标称电压
V_c	限制电压	在规定的脉冲波形下, 通过一定等级电流时, 压敏电阻两端产生的峰值电压
V_w (AC)	交流工作电压	在规定的条件下, 保证压敏电阻正常工作所允许连续施加的最大交流电压值
V_w (DC)	直流工作电压	在规定的条件下, 保证压敏电阻正常工作所允许连续施加的最大直流电压, 它 also 作为测量漏电流的参考点, 此电压通常小于元件的压敏电压

【问 17】 压敏电阻使用有哪些注意事项?**【答】** 压敏电阻使用的一些注意事项如下:

1) 不要在受阳光直射或发热体附近等超过使用温度范围的环境下使用压敏电阻, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

2) 不要在日晒雨淋或产生蒸汽等高湿度的地方使用压敏电阻, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

3) 不要在粉尘多、盐分高、有腐蚀性气体等被污染的环境下使用压敏电阻, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

4) 不要使用让压敏电阻表面树脂溶解或老化的溶剂 (香蕉水或丙酮类等)。采用超声波洗净时, 请不要让振动直接传递到基板上, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

5) 不要对压敏电阻施加强烈的振动、冲击或压力等, 以免压敏电阻表面树脂或元件产生裂痕, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

6) 不要在超过最大容许电路电压的状态下使用, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

7) 不要加载超过能量耐量的浪涌电流, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

8) 当反复加载浪涌电流时, 不要超过规定的浪涌电流使用寿命, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

9) 当浪涌电流以很短的间隔断断续续地被加载时, 不要超过额定脉冲电力使用范围, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

10) 元件有可能因电介质损失导致发热而遭到破坏, 压敏电阻一般不要使用超过 1kHz 的高频电路, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

11) 压敏电阻上用树脂涂层时, 不要使用能使压敏电阻老化的树脂, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

12) 不要把压敏电阻安装在可燃物附近, 以免压敏电阻的性能老化或元件受到破坏可能导致产生烟尘、起火事故。

13) 不要使用浪涌电流超过规定的电路, 以免压敏电阻损坏以及发生意外。

14) 不要在超过最大容许电路电压的电路中使用, 以免压敏电阻损坏以及发生意外。

15) 对引线进行弯曲加工或切断加工时, 请固定元件端的引线, 以免压敏电阻不能发挥功能而导致机器损伤或运作错误。

16) 不要在靠近引线的绝缘覆盖部分的地方用力折弯或施加外力, 以免压敏电阻不能发挥功能而导致机器损伤或运作错误。

17) 当焊接引线时, 不要使得压敏电阻结构部分的焊锡或绝缘材料熔融, 以免压敏电阻不能发挥功能而导致机器损伤或运作错误。

18) 将表面安装压敏电阻安装在基板上时, 使用的焊锡量会直接影响安装后的压敏电阻, 因此, 在设计焊盘时, 为了使得焊锡量适度, 请设定好形状及尺寸。

19) 将压敏电阻安装在基板上时, 可能发生端子电极的黏附力很低的现象, 因此, 需要遵守规定的焊接温度及焊接时间。

20) 安装表面安装压敏电阻后进行基板分割时, 为了不给基板带来弯曲或扭转的反应, 需要使用专用工具, 以免压敏电阻不能发挥功能而导致机器损伤或运作错误。

21) 在电路的线间使用时, 需要与压敏电阻串联并安装漏电断路器或电流熔体。

22) 在电路的对地间使用时, 需要与压敏电阻串联并安装漏电断路器或者和压敏电阻串联安装电流熔体及温度熔体。

【问 18】 压敏电阻的失效方式有哪些?

【答】 压敏电阻的失效方式如下:

(1) 劣化: 该失效方式主要表现为漏电流增大, 压敏电压下降, 直至为零。

(2) 炸裂: 如果过电压引起的浪涌能量太大, 超过了压敏电阻极限承受能力, 则压敏电阻在抑制过电压时将会发生陶瓷炸裂现象。

(3) 穿孔: 如果过电压峰值特别高, 导致压敏电阻陶瓷瞬间发生电击穿, 从而引发穿孔现象。

1.3 放电管

【问 19】 放电管的种类有哪些?

【答】 放电管可以分为放电二极管、放电三极管、贴片放电管、开关放电管、同轴放电管、大通流气体放电管等。一些放电管的种类或者结构如图 1-6 所示。

【问 20】 气体放电管的构成与工作原理是怎样的?

【答】 气体放电管, 简称 GDT, 又叫做气体放电电子管。气体放电管是内部由两个或多个带间隙的金属电极, 充以惰性气体构成的一种陶瓷密封封装体。当加到两电极端的电压

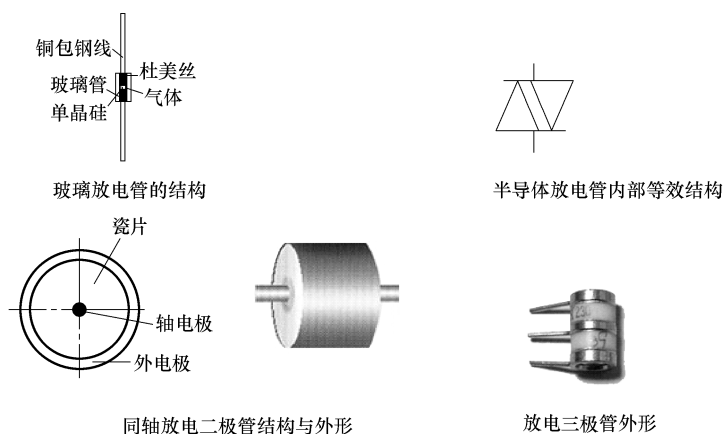


图 1-6 一些放电管的种类或者结构

达到使气体放电管内的气体击穿时（即当电极的电压超过一个额定值），气体放电管便开始放电产生一个电弧，并且由高阻变为低阻，提供一个低电流通路，使电极两端的电压不超过击穿电压，从而起到了保护作用。

三极或多电极气体放电管有的采用一种单一的气体构成，从而内部电极具有空穴。这样两个相邻电极间的触发电压就可以产生电弧，在整个电子管气体腔充满了电离气体的前提下，三极或多电极气体放电管所有电极间均产生低阻值通路，提供一个低电流通路，使电极两端的电压不超过击穿电压，从而起到了保护作用。当浪涌电压消失时，放电管则立即熄灭并恢复为高阻状态，等待下一次动作。

气体放电管双向消弧过电压保护的电流 - 电压（ $I-V$ ）特性，类似于双向晶闸管。气体放电管具有非常小的信号负载特性。

【问 21】 什么是开关放电管？

【答】 开关放电管是一种专门用作点火开关的气体放电管，其具有独特的快速通断、能提供几个微秒宽的非常陡峭的、峰值极高的前沿电压及电流脉冲。与点火变压器相配合可产生电压为 12kV 的典型高压脉冲。

开关放电管广泛应用于摩托车、煤气灶、热水器、飞机、航天飞机、飞艇、工业锅炉、船舶锅炉、火车内燃机、各类汽车等设备或系统中。

【问 22】 气体放电管参数中英文对照是怎样的？

【答】 气体放电管主要电气指标有标称直流击穿电压、冲击击穿电压、耐工频电流能力、耐冲击电流能力等。其一些参数中英文对照见表 1-9。

表 1-9 气体放电管参数中英文对照

符 号	名 称	符 号	名 称
Gas discharge tube	气体放电管	Insulation resistance	绝缘电阻
DC spark-over voltage	直流击穿电压	Capacitance	电容
Impulse spark-over voltage	冲击击穿电压	Response time	响应时间
Service life	使用寿命		

【问 23】 气体放电管主要参数有哪些？

【答】 气体放电管主要参数见表 1-10。

表 1-10 气体放电管主要参数

名 称	说 明
冲击击穿电压	气体放电管在冲击电压作用下的击穿动作电压值。冲击击穿电压表示放电管保护效果的好与坏。一般情况下，冲击击穿电压高于标称直流击穿电压值。冲击击穿电压值与施加到极间冲击波的波前沿陡度有关：波前沿越陡，电压值越高
电容量	电容量是指在特定的 1MHz 频率下测得的气体放电管两极间电容量。气体放电管电容量一般 $\leq 1\text{pF}$
反应时间	反应时间是指从外加电压超过击穿电压到产生击穿现象的时间。气体放电管反应时间一般在 μs 数量级
绝缘电阻	绝缘电阻是指在施加外部 50V 或 100V 直流电压时测量的气体放电管的电阻，一般为 $\text{M}\Omega$ 数量级
耐电流能力	气体放电管承受工频电流与冲击电流的水平与指标。耐冲击电流的数值与所加冲击电流波形有直接关联，不同的波形，其值差别比较大
直流击穿电压	击穿电压是指当外施一定的电压以一定的速率上升时，放电管产生火花时的电压。气体放电管具有多种不同规格的直流击穿电压，其值取决于电极间的距离、气体的种类等因素。直流击穿电压反映了气体放电管可以使用、应用而不导致电路工作异常的场合

【问 24】 一些放电管产品型号命名规则是怎样的？

【答】 一些放电管产品型号命名规则见表 1-11。

表 1-11 一些放电管产品型号命名规则

产品

型号命名规则

迈超放电管

1) 放电二极管无引线: R + 标称直流电压 + N + 序号

2) 放电二极管有引线: R + 标称直流电压 + W + 序号

3) 放电三极管无引线: 3R + 标称直流电压 + N + 序号

4) 放电三极管有引线: 3R + 标称直流电压 + W + 序号

5) MDF 用放电二极管: R + 标称直流电压 + D + 序号

6) MDF 用放电三极管: 3R + 标称直流电压 + D + 序号

7) 开关放电管: R + 标称直流电压 + S + 序号

说明: R、3R 表示电极系列、N 一般表示无引线; W 一般表示有引线; D 一般表示 MDF 用; S 一般表示开关系列

硕凯放电管

2R-B M 0 7 5 M 8-L

□

□

□

□

□

□

□

□

□

□

□

□

L: 引线 S: SMD

尺寸(mm) 1: 2.0×1.25×1.25 2: 3.2×1.6×1.6 7: φ8.5×8.7 7.5: φ7.5×11.5 E: φ8.0×10.0

3: 4.5×3.2×2.7 4: 5.7×5.0×5.0 8: φ8.0×6.0 B: φ8.5×8.4 H: φ5.0×7.6

5: φ5.5×6.0 6: φ6.3×6.0 9: φ7.5×6.0 D: φ6.0×8.5 P: φ20×6.0

公差 k: ±10% L: ±15% M: ±20%

直流击穿电压/V

电气特性:

浪涌电流放电

浪涌电流放电

浪涌电流放电

耐交流电流 (8/20μs)

耐交流电流 (8/20μs)

耐交流电流 (8/20μs)

/A

/kA

/A

/kA

/A

/kA

E: 0.5

0.5

M: 10

10

L: 5

5

F: 1

1

P: 20

20

T: 65

65

G: 2

2

外形 A:  B:  D:  K: 

M:  N:  S:  T: 

W:  U:  F:  H: 

电极系列: 2R/3R

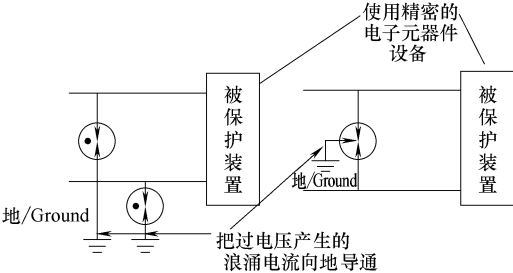
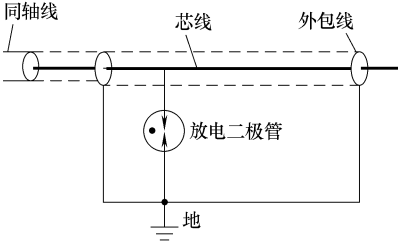
(续)

产品	型号命名规则
浪拓放电管	浪拓 BA/BC 系列贴片陶瓷气体放电管 BA 浪拓 BA/BC 系列贴片陶瓷气体放电管 范围: $M: \pm 20\%$ $N: \pm 30\%$ 系列: 151、201、301、351、401

【问 25】 气体放电管应用领域有哪些?

【答】 气体放电管应用领域有通信设备的防雷、浪涌抑制电路等，具体应用见表 1-12。

表 1-12 气体放电管应用领域

名称	说明与图例
用户终端设备保护	一些采用精密电子元器件的设备（例如传真机、调制解调器、电话机等），一旦有过电压产生，如果设置了放电管，则放电管会把过电压产生的浪涌电流向地导通，从而保护了设备免受损坏 
同轴电缆保护	气体放电管具有很低的自身电容，因此，用于有线电视网络中的同轴电缆既可以起到保护作用，又不会对系统造成干扰 
交流进线路保护	进入电子设备的交流电网相对存在浪涌电压，为防止电子设备受到影响，可增设放电管加以保护

【问 26】 气体放电管外形是怎样的?

【答】 气体放电管外形见表 1-13。

表 1-13 气体放电管外形

[illegible]

【问 27】 什么是半导体放电管，它的特点是怎样的？

【答】 半导体放电管也称为固体放电管。它是多层 PN 结构（即 PNPN 组件）的晶闸管结构（即无门电极的自由电压控制的晶闸管）。

半导体放电管具有晶闸管结构、响应速度快、无老化失效、极性双向保护、导通电压低、通态压降低、通流能量大产品一致性好、稳定性优于气体放电管与压敏电阻、雷电防护、瞬间过电压防护、浪涌吸收、类型多（例如单芯片、双芯片、三芯片 3 端子平衡型、表面安装型等）特点。

【问 28】 半导体放电管的基本工作原理是怎样的？

【答】 当电压超过半导体放电管的雪崩电压（即时断态峰值电压）时，半导体放电管会将瞬态电压钳位到组件的开关电压（即转折电压）值之内。如果电压继续增大时，半导体放电管由于负阻效应会进入导通状态，只有在当电流小于维持电流时，半导体放电管才复位，并且恢复到其高阻抗状态。放电管未击穿前相当于开路状态。

【问 29】 半导体放电管的主要应用有哪些设备或者领域？

【答】 半导体放电管的主要应用设备或者领域如下：电话机、传真机、线卡、通信接口、调制解调器、资料线路保护、配线架保安单元、程控机用户电路、SLIC 电路、ISDN、XDSL、通信接口（RS-232/485/488）防护等。

【问 30】 半导体放电管参数符号中文对照是怎样的?

【答】 半导体放电管参数符号中文对照见表 1-14。

【问 31】 一些半导体放电管的代换速查是怎样的?

【答】 一些半导体放电管的代换速查见表 1-15。

表 1-14 半导体放电管参数符号中文对照

符号	名 称
C	电容
C_O	关闭状态电容
di/dt	电流上升率
I_{BO}	转折电流
I_S	开关电流（最大电流要求在开状态）
I_{GSM}	最大门极电流
I_H	维持电流。选择时需要注意，如果要使半导体放电管通过大的浪涌电流后复位，则维持电流参数应该大于系统所能提供的电流值，也就是 $I_H > (系统电压/源阻抗)$
I_{PP}	峰值电流，最大瞬间峰值电流。选择时需要注意， I_{PP} 必须大于相应设备标准的规定
I_R	反向漏电流
I_{RM}	断态电流
I_T	通态电流
I_{TSM}	周期浪涌电流
P	功耗。半导体放电管处于导通状态的功耗要小于其额定功耗
T_I	可承受的最高锡焊温度
T_j	最高结温
t_p	脉冲延迟时间
t_r	上升时间
T_{stg}	贮存温度范围
T_W	工作温度
V_{BO}	转折电压。选择时需要注意， V_{BO} 必须小于被保护电路所允许的最大瞬间峰值电压
V_{BR}	最小击穿电压、反向击穿电压。选择时需要注意， V_{BR} 必须大于被保护电路的最大工作电压
V_{DRM}	最大断态峰值电压。选择时需要注意， V_{DRM} 必须大于被保护电路的最大工作电压
V_F	正向电压
V_{FP}	正向峰值电压
V_{MGL}	门极与线间最大电压
V_{MLG}	线与地间最大电压
V_{PP}/I_{PP}	峰值脉冲电压/电流
V_{RM}	断态电压
V_S	转折电压，开关电压。选择时需要注意， V_S 必须小于被保护所允许的瞬间峰值电压
V_T	通态压降，导通电压

表 1-15 一些半导体放电管的代换速查

型 号	代 换 型 号
P0080SA (SOCAY 产品)	P0080SA (TECCOR 产品)
P0300SA (SOCAY 产品)	P0300SA (TECCOR 产品)
P0900SA (SOCAY 产品)	TISP4095M3BJ (PI 产品)、P0900SA (TECCOR 产品)、PP0900SA (PROTEK 产品)

(续)

型 号	代 换 型 号
P1300SA (SOCAY 产品)	TISP4145M3BJ (PI 产品)、P1300SA (TECCOR 产品)、PP1300SA (PROTEK 产品)
P1500SA (SOCAY 产品)	TISP4185M3BJ (PI 产品)、P1500SA (TECCOR 产品)、PP1500SA (PROTEK 产品)
P3500SA (SOCAY 产品)	TISP4395M3BJ (PI 产品)、P3500SA (TECCOR 产品)、PP3500SA (PROTEK 产品)
SMTPA100 (ST 产品)	P1100SA (SOCAY 产品)、TISP4115M3BJ (PI 产品)、P1100SA (TECCOR 产品)、PP1100SA (PROTEK 产品)
SMTPA180 (ST 产品)	P1800SA (SOCAY 产品)、TISP4240M3BJ (PI 产品)、P1800SA (TECCOR 产品)、PP1800SA (PROTEK 产品)
SMTPA200 (ST 产品)	P2300SA (SOCAY 产品)、TISP4265M3BJ (PI 产品)、P2300SA (TECCOR 产品)、PP2300SA (PROTEK 产品)
SMTPA220 (ST 产品)	P2600SA (SOCAY 产品)、TISP4290M3BJ (PI 产品)、P2600SA (TECCOR 产品)、PP2600SA (PROTEK 产品)
SMTPA240 (ST 产品)	P2800SA (SOCAY 产品)、TISP4300M3BJ (PI 产品)、P2800SA (TECCOR 产品)
SMTPA270 (ST 产品)	P3100SA (SOCAY 产品)、TISP4350M3BJ (PI 产品)、P3100SA (TECCOR 产品)、PP3100SA (PROTEK 产品)
SMTPA62 (ST 产品)	P0640SA (SOCAY 产品)、TISP4070M3BJ (PI 产品)、P0640SA (TECCOR 产品)、PP0640SA (PROTEK 产品)
SMTPA68 (ST 产品)	P0720SA (SOCAY 产品)、TISP4080M3BJ (PI 产品)、P0720SA (TECCOR 产品)、PP0720SA (PROTEK 产品)

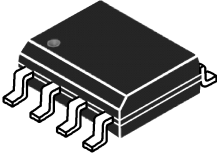
【问 32】 一些半导体放电管外形速查是怎样的？

【答】 一些半导体放电管外形速查见表 1-16。

表 1-16 一些半导体放电管外形速查

外形与名称	外形与名称	外形与名称
 DO-214AC/SMA	 DO-214AA	 DO-15

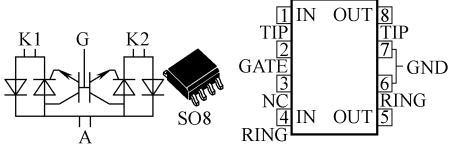
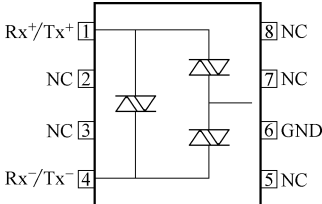
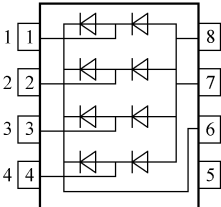
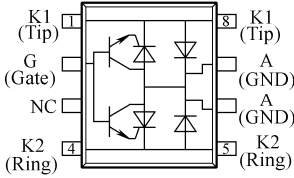
(续)

外形与名称	外形与名称	外形与名称
 TO-92	 SOP8	

【问 33】 一些半导体放电管内部结构与引脚分布速查是怎样的？

【答】 一些半导体放电管内部结构与引脚分布速查见表 1-17。

表 1-17 一些半导体放电管内部结构与引脚分布速查

型号	内部结构与引脚分布	型号	内部结构与引脚分布
TISP61089		SDT3010、SDT3021	
SDA108		P61089	

【问 34】 怎样选择放电管？

【答】 放电管的选择一般是根据具体线路的特点来选择相应参数、指标。选择时的一些注意事项如下：

- 1) 放电管的直流击穿电压的下限值要大于线路的最大正常工作电压，以免影响线路的正常工作。同时，考虑好线路的峰值并留出余量。因此，选择所需放电管的标称直流击穿电压值大于峰值 + 余量，但是又是最靠近峰值 + 余量的有标称直流击穿电压值的放电管。
- 2) 需要确定线路所能承受的最高瞬时电压值，并且选择的放电管确保其冲击击穿电压值必须低于此值，否则，放电管不起作用。
- 3) 放电管的耐冲击电流能力的选择可以根据线路中可能窜入的冲击电流强度来选择。
- 4) 放电管的过保持电压尽可能高，以保证正常线路工作电压不会引起放电管的续流。即过电压消失后，放电管确保及时熄灭。
- 5) 当放电管过电压持续的时间很长时，则气体放电管因长时间动作会产生高热量，从

而可能引发火灾等。因此这种线路的放电管需要采用短路装置等保护措施。

6) 另外，电路板的空间问题是选择放电管体积、封装的考虑因素。

1.4 TVS 与 ESD

【问 35】 什么是 TVS？它的符号是怎样的？

【答】 瞬态电压抑制器简称 TVS，有时为 TVS 二极管。它是基于雪崩二极管与稳压二极管的 TVS，可以传输大负载电流与承受高击穿电压。TVS 有的具有多只二极管以确保多路信号线受同一个瞬态电压抑制器的保护，这时的 TVS 就是 TVS 阵列。

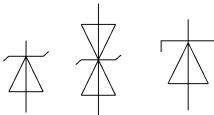


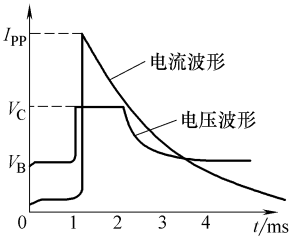
图 1-7 TVS 的符号

TVS（单体）的符号有多种表示，具体如图 1-7 所示。

【问 36】 TVS 的特性曲线是怎样的？

【答】 TVS 二极管承受大电流冲击时的电流及电压波形如图 1-8 所示。

电流波形表示在受到雷击、过电压等电流冲击下，流过 TVS 二极管的电流由 1mA 突然上升到峰值 I_{PP} （峰值浪涌电流），然后按指数规律下降。



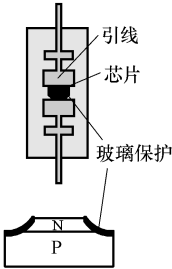
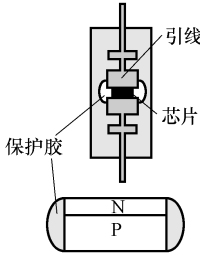
TVS 管两端电压波形表示 TVS 中的电流突然上升时，TVS 两端电压也随之上升，但最大只上升到钳位电压 V_C 值（这个值比击穿电压 V_{BR} 略大），从而起到了对后续电路的保护作用。

【问 37】 玻璃钝化 TVS 与酸洗 TVS 的对比是怎样的？

图 1-8 TVS 二极管承受大电流冲击时的电流及电压波形

【答】 玻璃钝化 TVS 与酸洗 TVS 的对比见表 1-18。

表 1-18 玻璃钝化 TVS 与酸洗 TVS 的对比

项目	玻璃钝化 TVS	酸洗 TVS
结构		
特点	采用钝化玻璃保护 PN 结，该保护玻璃与芯片熔为一体，用机械方法无法分开	采用涂胶保护 PN 结，该保护胶仅是覆盖在 PN 结的表面上
特性	漏电小、结合性好	失效率高、多为轴向封装

【问 38】 TVS 二极管与稳压二极管、陶瓷电容、MLV 的比较是怎样的？

【答】 TVS 二极管与稳压二极管、陶瓷电容、MLV 的比较如下：

(1) TVS 二极管与稳压二极管比较 TVS 二极管与传统的稳压二极管相比 PN 结面积更

大，具有更强的高压承受能力、低的电压截止率，对于保护手持设备低工作电压回路的安全具有更好效果。

(2) TVS 二极管与陶瓷电容比较 设备采用陶瓷电容成本低、设计简便，但对高压的承受力却比较弱。例如，陶瓷电容在 5kV 的冲击会造成约 10% 失效，到 10kV 时，损坏率达到 60%。TVS 二极管可以承受 15kV 电压。在手持设备的使用过程中，由于与人体频繁接触，各个端口必须至少能够承受 8kV 接触冲击，因此，采用 TVS 二极管具有更好的安全效果。

(3) TVS 二极管与 MLV MLV 即多层金属氧化物结构器件，具有非线性电压 - 电流关系，截止电压可达最初中止电压的 2 ~ 3 倍，适合用于对电压不太敏感的线路与器件的保护。TVS 二极管具有较低的电容，如果过高的电容会影响数据传输，因此，采用 TVS 二极管具有更好的安全效果。

【问 39】 低压低电容 TVS 二极管的特点与主要应用是怎样的？

【答】 低压低电容 TVS 二极管具有高浪涌电流容量、低结电容、极低的漏电流、低工作电压（2.8 ~ 5.0V）下特性良好等特点。

低压低电容 TVS 二极管主要应用于 USB 端口保护、交换系统保护以及以太网交换机保护、便携式设备保护、高速数据线保护、局域网和宽带网设备保护。

【问 40】 TVS 二极管的特点是怎样的？

【答】 TVS 二极管是采用标准与稳压二极管特性设计的用于吸收 ESD 能量，并且保护系统免遭 ESD 损害的硅芯片固态器件。TVS 二极管主要针对能够以低动态电阻承载大电流的要求进行优化。其电气特性由晶片阻质、PN 结面积、掺杂浓度决定。其耐突波电流的能力与其 PN 结面积成正比。其可用于保护设备或电路免受电感性负载切换时产生的瞬变电压损坏、静电损坏、感应雷所产生的过电压损坏等。

TVS 二极管应用时一般与被保护线路是并联的，当瞬时电压超过电路正常工作电压后，TVS 二极管便会发生雪崩，提供给瞬时电流一个超低电阻通路，从而使瞬时电流通过 TVS 二极管，将可能流过被保护线路的瞬时电流引开。当瞬时脉冲结束以后，TVS 二极管自动恢复为高阻状态，整个回路恢复正常电压。

当 TVS 二极管承受瞬态高能量冲击时，管子中流过大电流，峰值为 I_{PP} ，端电压由 V_{RWM} 值上升到 V_C 值就不再上升了，从而实现了保护作用。浪涌过后， I_{PP} 随时间以指数形式衰减，当衰减到一定值后，TVS 二极管两端电压由 V_C 开始下降，恢复原来状态。

【问 41】 TVS 二极管是怎样分类的？

【答】 TVS 二极管的分类见表 1-19。

表 1-19 TVS 二极管的分类

依 据	分 类
极性	单极性 TVS 二极管、双极性 TVS 二极管
用途	通用型 TVS 二极管、专用型 TVS 二极管
封装与内部结构	轴向引线 TVS 二极管、双列直插 TVS 二极管阵列、贴片式 TVS 二极管、大功率模块 TVS 二极管
峰值功率	200W、400W、500W、600W、1500W、5000W

(续)

依 据	分 类
V_{BR} 的值对标称值的离散程度	离散程度为 $\pm 5\%$ 的 TVS 二极管、离散程度为 $\pm 10\%$ 的 TVS 二极管
TVS 二极管钳位阵列	数据线保护 TVS 二极管钳位阵列、ESD 抑制器 TVS 二极管钳位阵列
TVS 二极管短路器集成电路	线路卡保护集成电路、网络保护集成电路、终端保护集成电路

【问 42】 晶片型 TVS 二极管的结构特点是怎样的？

【答】 晶片型 TVS 二极管是将金属电极印制于厚度精准的陶瓷薄膜上，然后堆叠成型。其结构特点如图 1-9 所示。

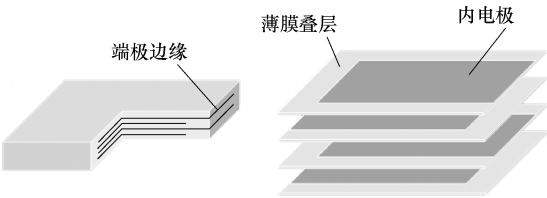


图 1-9 晶片型 TVS 二极管的结构特点

【问 43】 TVS 二极管主要参数有哪些？

【答】 TVS 二极管主要参数见表 1-20。

表 1-20 TVS 二极管主要参数

符号	名 称	说 明
C	电容量	电容量 C 是由 TVS 二极管雪崩结截面决定的。其一般是在特定的 1MHz 频率下测得的数值。电容量 C 的大小与 TVS 二极管的电流承受能力成正比，电容量 C 太大将使信号衰减。数据/信号频率越高的回路，二极管的电容对电路的干扰越大，形成噪声或衰减信号强度也越大
I_D	最大反向漏电流	最大反向漏电流是在 TVS 二极管工作电压下测得的流过 TVS 二极管的最大电流
I_{PP}	最大峰值脉冲电流	最大峰值脉冲电流是 TVS 二极管允许流过的最大浪涌电流，它反映了 TVS 二极管的浪涌抑制能力
I_R	击穿电流	
I_T	测试电流	测试电流是指 TVS 二极管的击穿电压 V_{BR} 是在此电流下测得的。一般情况下 I_T 取 1mA
$P_M、P_N$	最大峰值脉冲功率耗散值	在给定的最大钳位电压下，功耗 P_M 越大，其浪涌电流的承受能力越大；在给定的功耗 P_M 下，钳位电压 V_C 越低，其浪涌电流的承受能力越大。最大峰值脉冲功率 $P_N = V_C I_{PP}$。也可以看出，最大峰值脉冲功率越大，TVS 二极管所能承受的峰值脉冲电流 I_{PP} 越大 不同的脉冲波形 $P_N = K V_C I_{PP}$，式中 K 为功率因数，方波 $K = 1.4$，正弦波 $K = 2.2$，三角波 $K = 2.8$ TVS 二极管最大允许脉冲功率除了和峰值脉冲电流和钳位电压有关外，还和脉冲波形、脉冲持续时间和环境温度有关

(续)

符号	名 称	说 明
P_p	峰值脉冲功率	峰值脉冲功率与脉冲波形、持续时间、环境温度、钳位电压等有关 P_p 按峰值脉冲功率的不同, TVS 二极管分为四种: 500W、600W、1500W、5000W
T_C	钳位时间	钳位时间是从 0 到最小击穿电压 V_{BR} 的时间。对单极性 TVS 二极管来说小于 $1 \times 10^{-12} \text{ s}$; 对双极性 TVS 二极管来说小于是 $1 \times 10^{-11} \text{ s}$
V_{BR}	最小击穿电压	在 25°C 时, 低于最小击穿电压, TVS 二极管不会发生雪崩。当 TVS 二极管大于最小击穿电压时其阻抗会骤然降低, 处于雪崩击穿状态。当 TVS 二极管流过规定的电流 (I_R) 时, 加于 TVS 二极管两极的电压为其最小击穿电压 V_{BR} 。按 TVS 二极管的 V_{BR} 与标准值的离散程度, 可把 V_{BR} 分为 5% 和 10% 两种。对于 5% 的 V_{BR} 来说, $V_{WM} = 0.85V_{BR}$; 对于 10% 的 V_{BR} 来说, $V_{WM} = 0.81V_{BR}$ 。为了满足 IEC 61000—4—2 国际标准, TVS 二极管必须达到可以处理最小 8kV (接触放电) 和 15kV (非接触放电) 的 ESD 冲击
V_C	最大钳位电压	V_C 是二极管在截止状态的电压, 即是在 ESD 冲击状态时通过 TVS 二极管的电压。 V_C 不能大于被保护回路的可承受极限电压, 否则 TVS 二极管有损坏的危险。最大钳位电压 V_C 与击穿电压 V_{BR} 之比称为钳位因子 C_f , 即 $C_f = V_C/V_{BR}$, 一般钳位因子为 1.2 ~ 1.4
V_{WM} 、 V_{RWM}	额定反向关断电压	额定反向关断电压是 TVS 二极管在正常状态时可承受的电压, 该电压应大于或等于被保护电路的正常工作电压, 否则二极管会不断截止回路电压。但额定反向关断电压需要尽量接近被保护回路的正常工作电压, 这样才不会在 TVS 二极管工作以前使整个回路面对过电压威胁。当额定反向关断电压 V_{WM} 加于 TVS 二极管的两极间时, 它处于反向关断状态, 流过它的电流应小于或等于其最大反向漏电流 I_D 此参数也可被认为是所保护电路的工作电压

TVS 二极管主要参数如图 1-10 所示。

【问 44】 TVS 二极管型号命名规律是什么?

【答】 TVS 二极管型号命名规律见表 1-21。

【问 45】 ST 公司的 TVS 二极管命名规律是什么?

【答】 ST 公司的 TVS 二极管命名规律如下:

(1) ST 公司的 TVS 钳位阵列 (数据线保护、ESD 抑制器) 命名规律

ST 公司的 TVS 钳位阵列 (数据线保护、ESD 抑制器) 命名规律见表 1-22。

(2) ST 公司的线路卡保护命名规律

ST 公司的线路卡保护命名规律见表 1-23。

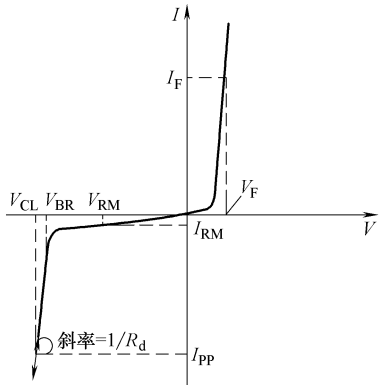


图 1-10 TVS 二极管主要参数

表 1-21 TVS 二极管型号命名规律

系列名 + 电压值 + 单/双向符号		
系列名	表示不同的峰值脉冲功率与封装形式	1.5KE 表示同轴引线封装，峰值脉冲功率为 1500W 3KP 表示同轴引线封装，峰值脉冲功率为 3000W P4KE 表示同轴引线封装，峰值脉冲功率为 400W P6KE 表示同轴引线封装，峰值脉冲功率为 600W SA 表示同轴引线封装，峰值脉冲功率为 500W SMAJ 表示贴片封装，峰值脉冲功率为 400W SMBJ 表示贴片封装，峰值脉冲功率为 600W SMCJ 表示贴片封装，峰值脉冲功率为 1500W SMDJ 表示贴片封装，峰值脉冲功率为 3000W 其余类推，注意型号名 KP 或 KPA 前面的数字表示 kW 数
系列名后的数字	表示反向断态电压值或击穿电压标称值	P4KE、P6KE、1.5KE 系列中代表击穿电压标称值 (V_{BR})。其他系列中代表反向断态电压值 (V_{RWM})
单/双向符号	表示类型	A——表示单向 CA——表示双向

注：SAC（500W）、LCE（1500W）系列是低电容的 TVS 二极管，只有单向，没有双向。

表 1-22 ST 公司的 TVS 钳位阵列（数据线保护、ESD 抑制器）命名规律

ESDA、ESDLIN	表示静电放电阵列
(LC -)	有的有 LC -，表示为低电容类型 有的有 ULC，表示为超低电容类型
XVX	表示击穿电压（最小）
XX	表示数目，其中： 空白表示 4 路保护 5 表示 5 路保护 B 表示双向
X	表示封装，其中： M 表示为 Micro QFN 封装 SC 表示为 SOT23 封装（注意也有用 C 表示为 SOT23 封装） T 表示为 Micro DFN 封装 C 表示为 Coated Flip - Chip 封装 F 表示为 Flip - Chip 封装 M 表示为 SOT883 封装 P 表示为 SOT666 封装 J 表示为 SOD-323 封装

举例

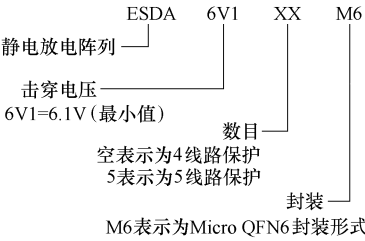


表 1-23 ST 公司的线路卡保护命名规律

LCDP 15 2 1	
LCDP	LCDP 表示线路卡双重保护器
15	15 表示 $I_H = 150\text{mA}$
2	2 表示设备保护
1	1 表示 SO - 8 封装

LCP 31 2 1	
LCP	LCP 表示线路卡保护器
31	31 表示数字代码为 31
2	表示版本
1	1 表示 SO - 8 封装

(3) ST 公司的 TVS 二极管限流保护器命名规律

ST 公司的 TVS 二极管限流保护器命名规律见表 1-24。

表 1-24 ST 公司的 TVS 二极管限流保护器命名规律

CLP 30 - 200 B1		
限流保护器	CLP	CLP 表示限流保护器
峰值脉冲电流	30	30 表示峰值脉冲电流为 30A
最低工作电压	200	200 表示最低工作电压 200V
封装	B1	B1 表示 SO - 8 封装

(4) 三极线路保护器命名规律

ST 公司的三极线路保护器命名规律见表 1-25。

ST 公司的双向三极线路保护器与电信可编程保护器命名规律见表 1-26。

表 1-25 ST 公司的三极线路保护器命名规律

TPL 270 M	
TPL	TPL 表示为三极线路保护器
270	270 表示击穿电压为 270V
M	M 表示封装，其中： M 表示 Power SO - 10 封装 G 表示 D ² PAK 封装 G - 1 表示 I ² PAK 封装

表 1-26 ST 公司的双向三极线路保护器与电信可编程保护器命名规律

TPI 80 1 1 N	
TPI	TPI 表示为双向三极保护、TPP 表示为电信可编程保护器
80	80 表示击穿电压为 80V
1	版本
1	表示封装，其中 1 表示为 SO - 8 封装
N	表示修订

ST 公司的网络三极线路保护器命名规律见表 1-27。

表 1-27 ST 公司的网络三极线路保护器命名规律

TPN 30 2 1	
TPN	TPN 表示为网络三极保护
30	数字代码
2	版本
1	表示封装，其中 1 表示为 SO-8 封装

(5) ST 公司的终端保护器命名规律

ST 公司的终端保护器命名规律见表 1-28。

表 1-28 ST 公司的终端保护器命名规律

TSI 265 B 1	
TSI	TSI 为 Terminal Set Interface 的首字母，表示为终端调整
265	表示 V_{BR} 的最小数值。265 表示 $V_{BR}(\min) = 265V$
B	—
1	表示封装，其中 1 表示为 SO-8 封装

(6) ST 公司其他 TVS 二极管命名规律

ST 公司其他 TVS 二极管命名规律见表 1-29。

表 1-29 ST 公司其他 TVS 二极管命名规律

名 称	图 解
ST 公司的 TVS 二极管命名规律	LF TVS 7-1 F3 低正向电压 瞬态电压抑制器 击穿电压 7表示7V(最小值) 数目 封装 F表示Flip Chip 3表示无铅, pitch表示400μm
ST 公司的表面贴装的 TRISIL	SMP 100 MC - XXX 表面贴装的TRISIL 反复峰值脉冲电流 100表示100A 电容 MC表示微电容 电压 270表示270V
ST 公司的 TVS 分立式钳位二极管	SM X 1 J7.5 A 表面贴装 封装 X表示μQFN-2L封装形式 峰值脉冲功率 1表示100W(典型值) 关电压 7.5表示7.5V 类型 A表示单向 LNB TVS X-22 XX 低噪声稳压器模块 瞬态电压抑制器 雷电级 3表示3kV 4表示4kV 6表示6kV V_{BR} 22=22V V_{CL} 0表示35V 1表示32V 2表示30V

【问 46】 ST 公司的 TVS 二极管是怎样识读的？

【答】 ST 公司的 SOT23 - 6L 封装 TVS 二极管的识读如图 1-11 所示。

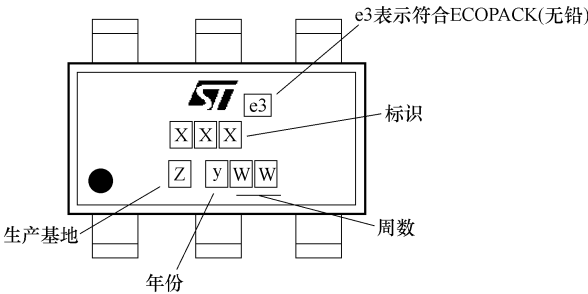


图 1-11 ST 公司的 SOT23 - 6L 封装 TVS 二极管的识读

ST 公司的 SMA (DO-214AC) TVS 分立式钳位二极管的识读如图 1-12 所示。

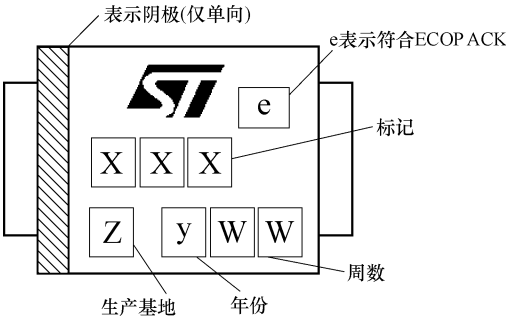


图 1-12 ST 公司的 SMA (DO - 214AC) TVS 分立式钳位二极管的识读

【问 47】 Starhope 的 TVS 二极管是怎样识读的？

【答】 Starhope 的 TVS 二极管的识读见表 1-30。

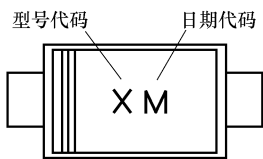
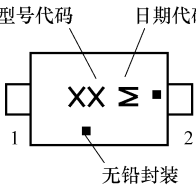
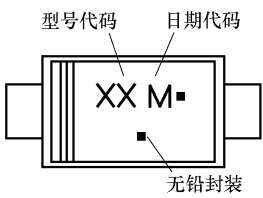
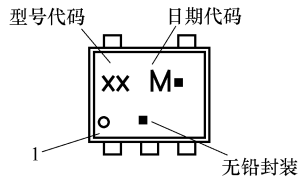
表 1-30 Starhope 的 TVS 二极管的识读

项目	说 明
TVS 二极管型号组成：系列名 + 电压值 + 单/双向	
系列名	系列名表示不同的峰值脉冲功率与封装形式，具体如下： 1) SMAJ（峰值脉冲功率为 400W）、SMBJ（峰值脉冲功率为 600W）、SMCJ（峰值脉冲功率为 1500W）、SMDJ（峰值脉冲功率为 3000W）表示贴片封装 2) 其他系列名表示同轴引线封装，例如 P4KE（峰值脉冲功率为 400W）、P6KE（峰值脉冲功率为 600W）、1.5KE（峰值脉冲功率为 1500W）、SA（峰值脉冲功率为 500W）、3KP（峰值脉冲功率为 3000W） 注：其余类推（型号名 KP 或 KPA 前面的数字表示 kW 数）
电压值	系列名后的数字表示击穿电压标称值或反向断态电压值，具体如下： P4KE、P6KE、1.5KE 系列中代表击穿电压标称值（ V_{BR} ），其他系列中代表反向断态电压值（ V_{RWM} ）
单/双向	表示单/双向，其中 A 表示单向，CA 表示双向 注：SAC（500W）、LCE（1500W）系列是低电容类 TVS 二极管，只有单向类，没有双向类

【问 48】 ON SEM 的 TVS 二极管是怎样识读的？

【答】 ON SEM 的 TVS 二极管的识读见表 1-31。

表 1-31 ON SEM 的 TVS 二极管的识读

封装	图 解	封装	图 解
SOD - 923 (10 × 0.6 × 0.4mm)		SOD - 523 (1.6 × 0.8 × 0.6mm)	
SOD - 723 (1.4 × 0.6 × 0.5mm)		SOT - 553 (1.6 × 1.6 × 0.55mm)	

【问 49】 TVS 二极管的等效模型是怎样的？

【答】 TVS 二极管的等效模型如图 1-13 所示。

【问 50】 为什么要应用 ESD 保护元器件？

【答】 ESD 也就是静电放电。静电放电现象无处不在，其瞬间产生的上升时间低于 ns、持续时间可达数百纳秒且高达数十安培的电流，有的静电放电现象产生的电流更大。因此，对一些电子系统会造成损伤。如果采取了适当的 ESD 保护措施，则电子系统会转危为安。

尽管一些集成电路内置 ESD 保护元器件，但是，随着集成电路的缩小，有效的 ESD 保护元器件不能够依靠内置 ESD 保护元器件来实现。而且，有些电路对 ESD 较为敏感，很难采用软件等措施隔离。因此，最有效的方法是使用保护元器件来将电流导离较敏感的元器件。

【问 51】 ESD 保护元器件有哪些？

【答】 ESD 保护元器件有压敏电阻、ESD 阵列、ESD 放电保护二极管、ESD 低容组件、LED 灯专用 ESD 保护元器件等。

【问 52】 ESD 保护的分类有哪些？

【答】 ESD 保护的分类见表 1-32。

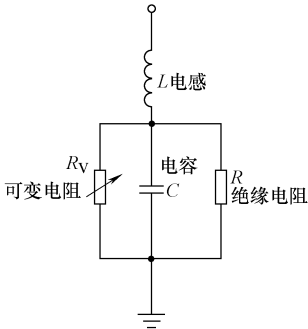


图 1-13 TVS 二极管的等效模型

表 1-32 ESD 保护的分类

分类	说 明
标准 ESD 保护	标准 ESD 保护主要用于大功率（高于 100W）、低钳位电压要求的领域 标准 ESD 保护适用于按钮、电池接头、充电器接口等设备的保护。标准 ESD 保护用 TVS 二极管的电容一般在 100 ~ 1000pF
高速 ESD 保护	高速 ESD 保护主要用于数据传输率快、低电容的领域。例如应用于 USB1.1、USB2.0FS、FM 天线、SIM 卡等。高速 ESD 保护用 TVS 二极管的电容一般在 5 ~ 40pF
超高速 ESD 保护	超高速 ESD 保护主要用于数据传输率非常快的领域。超高速 ESD 保护用 TVS 二极管的电容一般在 5pF 以下

根据 ESD 保护的分类，ESD 二极管可以分为低电容 ESD 二极管、高速 ESD 二极管、超高速 ESD 二极管。

【问 53】 ESD 二极管主要参数有哪些？

【答】 ESD 二极管主要参数见表 1-33。

表 1-33 ESD 二极管主要参数

符号	名 称	符号	名 称
BW	带宽	P_{tot}	总功耗
$C_{(\text{V/O-GND})}$	输入/输出端与地端间电容	R_{dyn}	动态电阻
$C_{(\text{V/O-V/O})}$	输入/输出端与输入/输出端间电容	R_s	等效电阻
$C_{\text{CH(TMDS)}}$	TMDS 通道电容	T_{AMB}	环境温度
C_{D}	端电容	T_{J}	结温
C_{SUP}	电源端与接地端间电容	T_{STG}	存储温度
C_{T}	电容	V_{BO}	转折电压
I_{F}	正向电流	V_{BR}	击穿电压
I_{FRM}	正向重复峰值电流	V_{BRzd}	齐纳二极管击穿电压
I_{FSM}	非重复峰值正向电流	V_{ESD}	静电放电电压
I_{LRzd}	齐纳二极管反向漏电流	V_{F}	正向电压
I_{PP}	峰值脉冲电流	V_{I}	输入电压
I_{R}	反向电流	V_{R}	反向电压
P	功耗	V_{RRM}	反向重复峰值电压
P_{PK}	峰值脉冲功率	Z_z	动态阻抗
P_{PP}	最大脉冲功率		

【问 54】 什么是聚合体 ESD 保护元器件？

【答】 聚合体 ESD 保护元器件是由充满导电粒子的聚合体组成的元器件，在粒子间的高压电弧造成低阻抗通道，提供一个低电流通路，导致电压下降，起到保护作用。

聚合体 ESD 保护器件属于双向保护器件，其内部结构如图 1-14 所示。

【问 55】 怎样应用 ESD 保护元器件？

【答】 电路保护元器件的选择一般根据所要保护的布线情况、可用的电路板空间、被保护电路的电特性来决定。在电子系统连接器放置 ESD 保护元器件，使电流流经保护元器件，不流经 ESD 敏感元器件，从而使敏感元器件具有低电压，即保护了 ESD 敏感元器件。

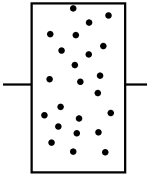


图 1-14 聚合体 ESD 保护元器件内部结构

【问 56】 怎样选择 TVS 二极管应用 ESD 保护？

【答】 ESD 保护的 TVS 二极管选择方法与注意事项如下：

- 1) 电源馈线上，一般选择大功率的 TVS 二极管。
- 2) 高密度安装的场合，一般选择低功率的 TVS 二极管。
- 3) 高密度安装的场合，可以选择双列直插、表面贴装等封装形式的 TVS 二极管。

4) 如果 TVS 二极管有可能承受来自两个方向的尖峰脉冲电压冲击时, 一般需要选用双极性的 TVS 二极管。

5) 选用的 TVS 二极管的 V_C 值应低于被保护元器件的最高电压。

6) 直流电路选择单向 TVS 二极管。

7) 交流电路选择双向 TVS 二极管。

8) 多线保护选择 TVS 二极管阵列。

9) TVS 二极管在正常工作状态下不要处于击穿状态, 最好处于 V_R 以下。因此, 要综合 V_R 、 V_C 来选择 TVS 二极管。

10) 如果知道比较准确的浪涌电流 I_{PP} , 则可以利用 $V_C I_{PP} = P$ 来确定 TVS 二极管的功率。

11) 当不确定 I_{PP} 的范围时, 则一般选择功率大的 TVS 二极管为好。

12) TVS 二极管相应规格数据手册一般提供的是不重复的瞬态脉冲与脉冲重复频率(持续时间与间歇时间之比)为 0.01%。如果当应用电路内出现重复性脉冲, 则需要考虑脉冲功率的累积, 并且在考虑此因素的情况下考虑选择 TVS 二极管。

13) TVS 二极管在应用小电流负载的保护情况下, 有时特意在线路中增加适当的限流电阻, 这时可选择峰值功率较小的 TVS 二极管来进行保护。

14) TVS 二极管在应用数据接口电路的保护时, 其参数电容量 C 一定要慎重考虑。对于数据/信号频率越高的回路, 一般需要根据回路的特性来决定所选元器件的电容范围。高频回路一般选择电容应尽量小(如电容不大于 3pF)。对电容要求不高的回路, 电容的容量选择可高于 40pF。也可以根据 I/O 传输速度来考虑。

15) 为了满足 IEC 61000—4—2 国际标准, TVS 二极管必须达到可以处理最小 8kV (接触放电) 和 15kV (非接触放电) 的 ESD 冲击。有的 TVS 二极管具有更高的抗冲击标准。因此, 根据实际需要要对 TVS 二极管进行选择。

16) 选择的 TVS 二极管的漏电流在工作电压下越小越好。

17) 选择的 TVS 二极管的反应时间, 一般是小于 1ns。

18) 选择的 TVS 二极管的耐静电能力越高越好。

19) 选择 TVS 二极管, 需要考虑 TVS 二极管温度特性。TVS 二极管一般工作温度范围为 $-55 \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。

【问 57】 TVS 二极管应用 ESD 保护与浪涌保护的比较是怎样的?

【答】 TVS 二极管应用 ESD 保护与浪涌保护的比较见表 1-34。

表 1-34 TVS 二极管应用 ESD 保护与浪涌保护的比较

项 目	ESD 保护	浪 涌 保 护
规范	IEC61000 -4 -2	IEC61000 -4 -5
能量	小	大
时间	ns 级别	μs 级别
特性	高电压小电流	大电流低电压

1.5 熔断器

【问 58】 过电流保护元器件有哪些？

【答】 过电流保护元器件有熔断器、PTC 热敏电阻、NTC 热敏电阻等。

【问 59】 什么是熔断器？它的功能是怎样的？

【答】 熔断器也称为熔断体，俗称保险管。电路正常情况下，熔断器在其中只起到连接作用。当电路异常（例如超负载情况）时，熔断器就是熔断，从而安全切断电路，进而保护了电路。

熔断器主要是串接在电路中，起过电流保护作用，可以应用于通信设备、汽车电子、电子行业、电器设备等领域中。

【问 60】 熔断器的结构是怎样的？

【答】 一般熔断器由三个部分组成，具体见表 1-35。

表 1-35 熔断器的结构

组成部分	说 明
熔丝部分	熔丝部分是熔断器的核心部分，一般是纤细柔软的，熔断时起到切断电流的作用。同一类、同一规格熔断器的熔丝材质要相同、几何尺寸要相同、电阻值尽可能小、熔断特性要一致
电极部分	一般熔断器有两个电极。熔断器的电极部分是熔体与电路连接的部件，其需要具有良好的导电性，没有明显的安装接触电阻等
支架部分	支架部分的作用是将熔体固定，并使熔断器三部分成为刚性的整体，便于安装、使用。支架部分需要具有良好的机械强度、良好的耐热性、良好的绝缘性、良好的阻燃性

【问 61】 熔断器的工作原理是怎样的？

【答】 正常工作电流或允许的过载电流情况下，熔断器通电时，电能经过熔断器转换的热量，会使其可熔体的温度上升，但是，此时的温度通过一般的散热方式（例如辐射、对流、传导）可以使熔断器上散热与产热量达到平衡，从而避免了熔断器的熔断现象。

如果电路过电流时，熔断器上散热与产热量不平衡，多余的热量会积聚在可熔体上，并且达到或者超过可熔体的熔点，即可使可熔体熔化，熔断器熔断，切断电流，达到过电流保护作用。

【问 62】 自恢复熔断器的工作原理是怎样的？

【答】 自恢复熔断器，英文为 Polyer Positive Temperature Coefficent，简称 PPTC，它是一种过电流保护的电子元件，其一般采用高分子有机聚合物在高压、高温、硫化反应等条件下，掺加导电晶粒，经特殊工艺加工而成。现以聚合树脂自恢复熔断器为例进行介绍。正常操作下聚合树脂紧密地将导电粒子束缚在结晶状的结构外，构成链状导电通路，此时的自恢复熔断器为低阻状态，流经自恢复熔断器的电流所产生的热能小，不会改变晶体结构。当线路发生短路或过载时，流经自恢复熔断器的大电流产生的热量使温度升高，当达到居里温度

时导电链路呈雪崩态变或断裂，体积迅速增长，形成高阻状态，电流被迅速夹断，从而对电路进行快速、准确的限制与保护。当故障排除后，聚合树脂重新冷却结晶，体积收缩，导电粒子重新形成导电通路，自恢复熔断器恢复为低阻状态，从而自动完成对电路的保护，并且能够达到自动恢复的目的。

【问 63】 熔断器的分类有哪些？

【答】 熔断器的分类见表 1-36。

表 1-36 熔断器的分类

依 据	种 类
外形尺寸	φ2mm、φ3mm、φ4mm、φ5mm、φ6mm 及其他
熔断特性	快速熔断型、中等延时熔断型、延时熔断型（还可分特快、强延时）
分断能力	低分断型、高分断型（还可分增强分断型）
安全标准（或使用国家、地区）	UL/CSA（北美）规格、IEC（中国、欧洲等）规格、MIT/KTL（日本、韩国）规格等
外形与发展	玻璃管熔断器、微型熔断器、贴片熔断器（贴片熔断器的标准电压额定值系列有 24V、32V、48V、63V、125V 等种类）

【问 64】 熔断器的一些参数与术语是怎样的？

【答】 熔断器的一些参数与术语见表 1-37。

表 1-37 熔断器的一些参数与术语

名 称	说 明
额定电流	额定工作电流是指在正常条件下，熔断器长期维持正常工作的最大电流
额定电压	熔断器的额定工作电压是指在熔断器断开瞬间，能安全承受的最大电压。选用熔断器时，其额定电压应等于或大于被保护回路的有效输入电压
分断能力	当电路出现过载电流时，熔断器能安全分断电路的最大电流。短路时，熔断器中会多次通过比正常工作电流大的瞬间过载电流。安全分断是指在分断电路中不发生喷溅、燃烧、爆炸等危及周围元器件以及人身安全的现象
过载能力	熔断器能在规定时间内维持工作的最大过载电流。UL 标准规定与 IEC 标准规定不同
熔断特性（ $I-T$ ）	熔断器的熔断特性是指熔断器所加负载电流与熔断器熔断时间的关系。熔断器的熔断特性可以采用熔断特性曲线与熔断特性表来表示。其中，熔断特性曲线可供选用熔断器时参考，熔断特性表是验收熔断器的最主要依据
熔化热能值（ I^2t ）	熔化热能值是使熔断器熔断所需的最小热能值，用 I^2t 表示。能量总量 $I^2t = \text{熔化 } I^2t + \text{飞弧 } I^2t$ 。对于低压熔断器来说，飞弧时间非常短，常可忽略，即飞弧 I^2t 可以按 0 计算 熔断器的熔化热能值测试的目的是确保熔断器所产生的热能全部用于熔断熔断器，而没有足够的时间从熔断器部件通过热传导跑掉

(续)

名 称	说 明
电压降	电压降是指在额定电流条件下，达到热平衡后熔断器两端的电压差
温升	在一定电流条件下，达到热平衡后熔断器表面温度与通电初始温度之差，即温升 = 熔断器表面温度 - 环境温度
额定动作温度（符号 T_f ）	温度熔断器按标准规定方法测试，改变其导电状态的温度。按基于 IEC691 的安全标准规定，温度熔断器必须在上述温度 $-10 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围内动作（日本电气用品管理法规定公差范围为 $\pm 7^{\circ}\text{C}$ 范围内动作）
实测动作温度	温度熔断器在硅油池内以每分钟 $0.5 \sim 1^{\circ}\text{C}$ 速率升温、检测电流小于 100mA 条件下所测得的熔断温度。它是温度熔断器的实际动作温度
保持温度（符号 T_h ）	温度熔断器在通过额定电流时，能保持 168h 而不会改变其导电状态的最高温度
极限温度（符号 T_m ）	温度熔断器能承受 10min 而不发生重新接通现象的最高温度
额定电流（符号 I_r ）	温度熔断器能承载的最大电流
额定电压（符号 U_r ）	温度熔断器最高工作电压
正常工作电流	由于传统的熔断器使用的制作材料具有较低的熔化温度，所以熔断器对环境温度的变化比较敏感。因此，其电流数值的选择比较重视。一般在 25°C 条件下运行，熔断器的电流额定值通常要减少 25% 以避免有害熔断，即 25°C 环境温度下，一只 1A 电流额定值的熔断器通常不能在大于 0.75A 稳态电流的电路中正常工作
电阻	熔断器的电阻有时也叫做内阻。由于有的熔断器采用正温度系数材料制作，因此，熔断器有热电阻与冷电阻之分。一般应用电路对于熔断器的电阻的考虑不是很重要，但是，对于低电压电路中的安培数小于 1 的熔断器，则其电阻常需要考虑
环境温度	熔断器的电流承载能力，一般是在环境温度为 25°C 情况下测定的。因此，当熔断器环境温度高于 25°C 时，熔断器电流承载能力变差
完整性	安全运行时熔断器应保持完整的状态，即无爆裂、断裂等现象

【问 65】 自恢复熔断器参数有哪些？

【答】 自恢复熔断器参数见表 1-38。

表 1-38 自恢复熔断器参数

符 号	名 称	说 明
I_h	最大工作电流	环境温度在 25°C 时，自恢复熔断器保持工作的最大电流
$I_{\max}$	最大过载电流	自恢复熔断器能承受的最大电流
I_t	最小动作电流	环境温度 25°C 时，自恢复熔断器动作的最小电流
P_d	消耗功率	环境温度 25°C 时，自恢复熔断器动作状态下的消耗功率
$R_{\max}$	最大电阻	环境温度 25°C 时，自恢复熔断器的最大电阻值
$R_{\min}$	最小电阻	环境温度 25°C 时，自恢复熔断器的最小电阻值
I_{trip}	过载电流	过载电流又叫做超载电流
$T_{\max}$	过载电流最大动作时间	过载电流最大动作时间即是电流超载时的动作时间
$V_{\max}$	最大过载电压	自恢复熔断器能承受的最大电压

【问 66】 怎样识读 RF60-110B 熔断器？

【答】 RF60-110B 熔断器的识读方法如图 1-15 所示。

【问 67】 怎样选择贴片熔断器？

【答】 选择贴片熔断器时应注意以下一些选择要点：

1) 贴片熔断器的额定电压要大于所在电路的工作电压。

2) 由于贴片熔断器的抗冲击能力远小于同样额定电流的玻璃管熔断器或同规格的较大体积的其他类熔断器。因此，选择贴片熔断器时，需要特别关注电路的瞬变值、冲击电流等浪涌参数。

3) 电路正常工作状态下，通过贴片熔断器的工作电流不要超过贴片熔断器额定电流的 75% 为宜。

4) 贴片熔断器具有一定的内阻，在选择贴片熔断器时，需要考虑其内阻是否会影响所在电路的系统参数。

5) 熔断器的基本要求就是该断时就应断开，不该断时则不能够断开。因此，电路的过载电流大小、过载电流存在最短时间与最长时间的测试（或者计算），对选择贴片熔断器具有很大作用。

6) 选择贴片熔断器时，还应考虑产品的认证，例如 UL 认证、CSA 认证、RoHS 指令等。具体考虑可以根据整机销往地来选择。

7) 贴片熔断器工作时的环境温度应在规定的工作温度范围之内，如果贴片熔断器工作环境温度超过 25℃，则需要参照温度折减曲线降级使用。

8) 选用贴片熔断器时，主要考虑的参数有正常工作电流、故障电流、内阻、环境温度、 I^2t 值、额定值折减等。

【问 68】 影响熔断器寿命的因素有哪些？

【答】 影响熔断器寿命的因素见表 1-39。

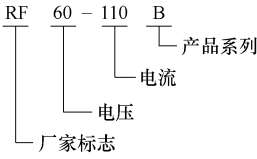


图 1-15 RF60-110B 熔断器的识读方法

表 1-39 影响熔断器寿命的因素

名称	说 明
工作环境温度	环境温度过高有损于熔断器的寿命。快速熔断型熔断器不应长时间在 175 ~ 225℃ 以上工作。延时型熔断器熔丝不应长时间在 150℃ 以上工作
脉冲电流	不断的脉冲冲击，会产生热循环，从而致使熔丝的扩散、氧化、热应力的产生，甚至加速熔断器损坏。熔断器的抗冲击寿命，取决于脉冲的 I^2t 占熔断器本身 I^2t 的百分比；通常情况应小于 20%
接触电阻	熔断器与管夹的接触电阻大，有损于寿命

1.6 热敏电阻

【问 69】 PTC 热敏电阻有关术语速查是怎样的？

【答】 PTC 热敏电阻有关术语速查见表 1-40。

表 1-40 PTC 热敏电阻有关术语速查

符号	名 称	说 明
$I_{\max}$	最大电流	指在最大工作电压下，允许通过 PTC 热敏电阻的最大电流
I_{nt}	不动作电流	不动作电流即额定电流或保持电流，指在规定的时间和温度条件下，不导致 PTC 热敏电阻呈现高阻态的最大电流
I_r	残余电流	指在最大工作电压下，PTC 热敏电阻阻值跃变后，热平衡状态下的电流
I_t	动作电流	指在规定的时间和温度条件下，使 PTC 热敏电阻阻值呈阶跃型增加时的最小电流
L_{CT}	下限温度	热敏电阻可继续工作时的最小环境温度
R_{25} 或 R_n	额定零功率电阻值	一般指的是在 25℃ 条件下的零功率电阻
$R_{\min}$	最小阻值	最小阻值是指从常温 25℃ 开始，温度曲线系列所对应的最小电阻值，此时 $R_{\min}$ 所对应的温度为 $T_{\min}$
T_c	开关温度	当阻值开始呈现阶跃性增加时的温度为开关温度，即当阻值升至 2 倍最小电阻值 ($R_{\min}$) 时所对应的温度，也称居里温度
$T_{R_{\min}}$	最小阻值时的温度	最小阻值 $R_{\min}$ 出现时所对应的温度
U_{CT}	上限温度	热敏电阻可继续工作时的最大环境温度
V	耐压值	耐压值是指在规定的时间和温度条件下，PTC 热敏电阻能承受的最大电压，超过这个电压，PTC 热敏电阻将击穿
$V_{\max}$	最大工作电压	在最高允许环境温度下，PTC 热敏电阻能持续承受的最大电压
δ	耗散系数	PTC 热敏电阻中功率耗散的变化量与元件相应温度变化量之比，称为耗散系数 ($\text{mW}/^{\circ}\text{C}$)， $\delta = P / (T - T_r)$
τ	热时间常数	在静止的空气中，PTC 热敏电阻从自身温度变化到与环境温度之差的 63.2% 时所需的时间

【问 70】 PTC 热敏电阻识读方法是怎样的？

【答】 PTC 热敏电阻识读方法如图 1-16 所示。

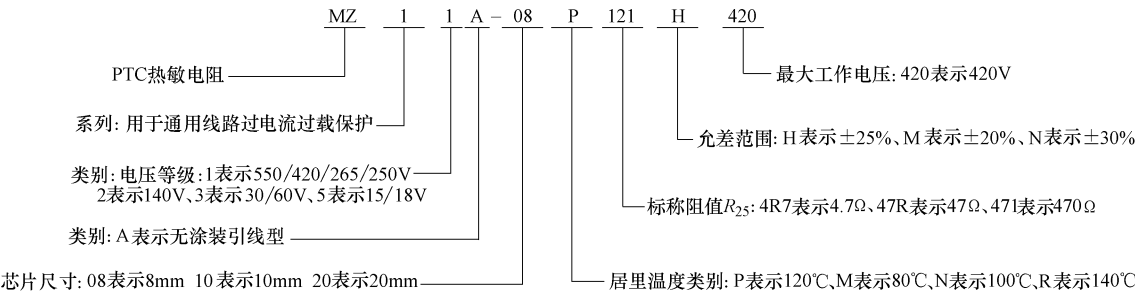


图 1-16 PTC 热敏电阻识读方法

【问 71】 什么是 NTC 热敏电阻？

【答】 NTC 是 Negative Temperature Coefficient 即负温度系数的英文缩写。NTC 热敏电阻就是负温度系数的热敏电阻。有的 NTC 热敏电阻采用高纯度材料制作而成，主要是以锰、钴、镍、铜等金属氧化物为主要材料，采用陶瓷工艺制造而成的具有一定密度结构的高性能陶瓷体。NTC 热敏电阻之所以能够在温度低时与高时其阻值具有很大差异，就是由这些金

属氧化物材料的特性决定的。温度低时，这些氧化物材料的载流子数目少，因此，NTC 热敏电阻阻值较高。随着温度的升高，载流子数目增加，因此，NTC 热敏电阻阻值降低。

NTC 热敏电阻可应用于温度测量、温度补偿、抑制浪涌电流等场合。NTC 热敏电阻主要特性有电阻－温度特性、电阻－时间特性等。

【问 72】 NTC 热敏电阻术语速查是怎样的？

【答】 NTC 热敏电阻术语速查见表 1-41。

表 1-41 NTC 热敏电阻术语速查

符号	名称	说 明
B	B 值	B 值是 NTC（负温度系数）热敏电阻的热敏指数，它被定义为两个温度下零功率电阻值的自然对数之差与两个温度倒数之差的比值。常用的 NTC 热敏电阻， B 值范围一般在 2000 ~ 6000K。实际上，热敏电阻的 B 值因材料而异
I	最大稳态电流	在环境温度 25℃ 时允许施加在热敏电阻上的最大连续电流
P	额定功率	额定环境温度下，可连续负载运行的功率最大值。额定功率的估算公式： 额定功率 = 散热系数 × (最高使用温度 - 25)
P_M	最大运行功率	使用热敏电阻进行温度检测或温度补偿时，热敏电阻自身发热产生的温度上升容许值所对应的功率。容许温度上升 t ℃ 时，最大运行功率估算公式： 最大运行功率 = t × 散热系数
R_{25}	额定零功率电阻	热敏电阻的设计电阻值，通常是指 25℃ 时测得的零功率电阻值。NTC 热敏电阻的标称电阻值也就是 R_{25}
R_T	零功率电阻值	在规定温度下，采用引起电阻变化相对于总的测量误差来说可以忽略不计的测量功率测得的电阻值
T_R	电阻温度特性	热敏电阻的零功率电阻值与其电阻体温度之间的依赖关系
α	电阻温度系数	电阻温度系数是指在任意温度下温度变化 1℃ (K) 时的零负载电阻变化率
δ	耗散系数	在规定的环境温度下，热敏电阻耗散功率变化率与其相应温度变化之比，即 $\delta = \Delta P / \Delta T$ ，在工作温度范围内， δ 随环境温度的变化而有所变化
τ	热时间常数	在零功率条件下，当温度发生突变时，热敏电阻体温度变化了始末温度差的 63.2% 所需的时间。 τ 与热敏电阻的热容量 C 成正比，与其耗散系数 δ 成反比，即 $\tau = C / \delta$
α_T	零功率电阻温度系数	指在规定温度下，热敏电阻的零功率电阻随温度的变化率与它的零功率电阻值之比

【问 73】 什么是荧光灯智能 PTC 热敏电阻？

【答】 荧光灯智能 PTC 热敏电阻就是把适当阻值与开关温度的延迟型热敏电阻同具有适当的压敏电压与电流流通量的压敏电阻串联复合而成。

第 2 章 LED

2.1 概述

【问 1】 什么是光？

【答】 光是电磁波的一种，是一定波长范围内的一种电磁辐射，即光是波长在 10nm ~ 0.1mm 的电磁波。电磁辐射波谱如图 2-1 所示，从图中可以看出光的光谱。

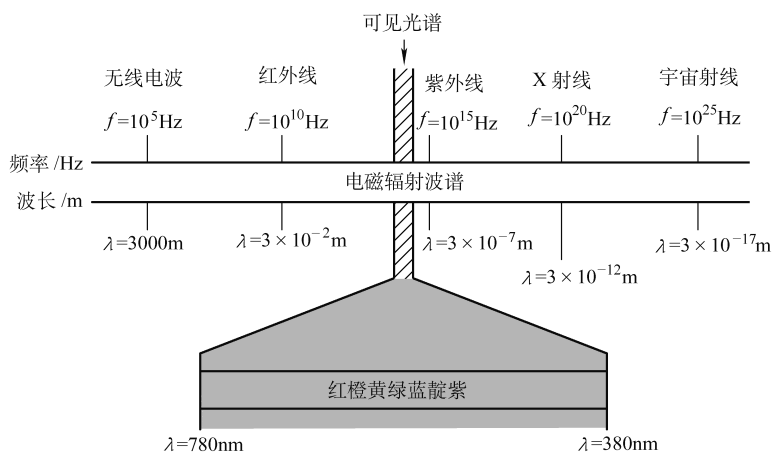


图 2-1 电磁辐射波谱

【问 2】 四代光源具体是指哪些光源？

【答】 根据电光源的发光机理，四代光源具体指以下几种：

- 1) 第一代光源：电阻发光，例如白炽灯。
- 2) 第二代光源：电弧与气体发光，例如钠灯。
- 3) 第三代光源：荧光粉发光，例如荧光灯。
- 4) 第四代光源：固态芯片发光，例如 LED。

【问 3】 怎样识读灯具的国际 IP 等级（防尘防水）？

【答】 IP (Ingress Protection, 即进入防护) 防护等级是由两个数字组成，其中第 1 个数字表示灯具防尘、防止外物侵入的等级。第 2 个数字表示灯具防水、防湿气侵入的密闭程度。一般情况下数字越大表示其防护等级越高，具体见表 2-1。

表 2-1 IP 等级标志的识读

数字	第 1 个数字——防尘、防止外物侵入的等级	第 2 个数字——防水、防湿气侵入的密闭程度
0	没有防护	没有防护
1	防止大的固体物体侵入	水滴滴入到外壳无影响
2	防止中等大小的固体物体侵入	当外壳倾斜到 15°时，水滴滴入到外壳无影响

(续)

数字	第 1 个数字——防尘、防止外物侵入的等级	第 2 个数字——防水、防湿气侵入的密闭程度
3	防止小固体物体侵入	水或雨水从 60°角落到外壳上无影响
4	防止物体大于 1mm 的固体物体侵入	液体由任何方向泼到外壳没有伤害影响
5	防止有害的粉尘堆积	用水冲洗无任何伤害
6	完全防止粉尘侵入	可用于船舱内的环境
7	—	可用于短时间内耐浸水
8	—	在一定压力下可以长时间耐浸水

【问 4】 什么是 LED?

【答】 LED 是英文 Light Emitting Diode 的缩写，中文名称为发光二极管。LED 在加上正向电压时，其能够发出不连续的单色光。LED 采用不同的半导体材料的化学组成成分或者不同的组合，可以发出不同颜色的光。

LED 从开始的指示用灯，发展到照明光源等应用，因此，LED 有时也表示 LED 灯，有时也用 LED Lamp 表示 LED 灯。LED 的一些实际外形如图 2-2 所示。

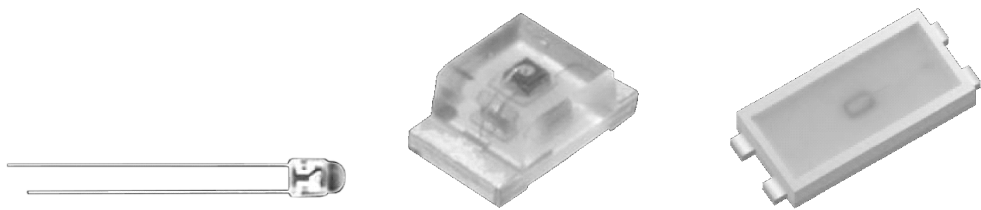


图 2-2 LED 的一些实际外形

【问 5】 LED 的常见分类有哪些?

【答】 LED 的常见分类见表 2-2。

表 2-2 LED 的常见分类

依据	分类与说明
发光管发光颜色	红色 LED——暗红色波长为 700nm、深红色波长为 640 ~ 660nm、红色波长为 615 ~ 635nm
	橙色 LED——波长为 600 ~ 630nm
	紫色 LED——波长为 380 ~ 430nm
	绿色 LED（又可以分为黄绿、标准绿、纯绿）——黄绿色波长为 565 ~ 575nm
	蓝光 LED——波长为 435 ~ 500nm
	粉红光 LED——粉红光是多种光的混合效果
	白色 LED——白光是多种光的混合效果
	黄色 LED——波长为 580 ~ 595nm
	琥珀色 LED——波长为 600 ~ 610nm
	七彩 LED、三色 LED、双色 LED

(续)

依据	分类与说明
发光管出光面特征	圆灯 LED
	方灯 LED
	矩形 LED
	正面发光 LED
	侧面发光 LED——侧面发光 LED 具有驱动电流较大、输出光功率小、光束发射角小、与光纤的耦合效率高等特点
	表面安装用微型管
封装	穿孔 LED——可以分为 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 3\text{mm}$ 、椭圆、弓形、圆形、直插双脚、四针脚式、奶嘴形、三角形、小蝴蝶、草帽白灯、传统型、高亮度型等
	SMD (表面贴装) 型——可以分为 PLCC (PLCC2、PLCC4、Mini PLCC)、2125 封装、1608、透镜顶型、晶片型 LED 等
材料	AlInGaP、InGaN、GaN 等
亮度	普通 LED——主要用于指示灯
	高亮度 LED——主要用于照明灯
	超高亮 LED
功率型 LED	功率 LED——功率 LED 的输入功率小于 1W
	瓦 (W) 级功率 LED——LED 输入功率等于或大于 1W
应用特点	普通 LED——可见光 (Visible Light): 波长为 400 ~ 760nm
	LD (Laser Diode) 半导体激光二极管——半导体激光器一般采用 P 层、N 层和形成双异质结的有源层构成
	UV 紫外光线 LED——UV 紫外光线 LED 又可以分为以下几类 真空紫外线 (Vacuum UV): 波长为 10 ~ 200nm 短波紫外线 (UV - C): 波长为 200 ~ 290nm 中波紫外线 (UV - B): 波长为 290 ~ 320nm 长波紫外线 (UV - A): 波长为 320 ~ 400nm
发光角度	高指向性 LED——发光角度为 5° ~ 20° 或更小
	标准型 LED——发光角度为 20° ~ 45°
	散射型 LED——发光角度为 45° ~ 90° 或更大
出光处掺或不掺散射剂、有色还是无色	有色透明 LED
	无色透明 LED
	有色散射 LED
	无色散射 LED

(续)

依据	分类与说明
功率	小功率 LED——功率为 0.04 ~ 0.08 W
	中功率 LED——功率为 0.1 ~ 0.5 W
	大功率 LED——功率为 1 ~ 500 W
	其他——功率大于 500 W
发光强度	普通亮度 LED——发光强度 < 10 mcd
	高亮度 LED——发光强度 10 ~ 100 mcd
	超高亮度 LED——发光强度 > 100 mcd
工作电流	一般 LED——工作电流十几 ~ 几十 mA
	低电流 LED——工作电流为 2 mA 以下
结构	全环氧封装 LED
	陶瓷底座环氧封装 LED
	玻璃封装 LED
	金属底座环氧封装 LED
级别	第 1 级——芯片或裸片
	第 2 级——LED 组件
	第 3 级——LED 阵列
	第 4 级——LED 灯具
外形或者形态	圆形 LED——不同厂家有不同的表示, 例如有采用 Y 表示圆形。根据直径可以分为 $\phi 2\text{mm}$、$\phi 4.4\text{mm}$、$\phi 5\text{mm}$、$\phi 8\text{mm}$、$\phi 10\text{mm}$、$\phi 20\text{mm}$ 等。国外一般把 $\phi 3\text{mm}$ 的 LED 记作 T-1; $\phi 5\text{mm}$ 的记作 T-1 (3/4); $\phi 4.4\text{mm}$ 的记作 T-1 (1/4)
	长方形 LED——不同厂家有不同的表示, 例如有时采用 F 表示长方形的 LED
	三角形 LED
	正方形 LED
	组合形 LED
	特殊形 LED
	椭圆 LED
	凹形 LED
	草帽形 LED
	平头 LED
	子弹 LED
	食人鱼 LED

(续)

依据	分类与说明
支架尺寸	短支架 LED
	长支架 LED
	双色支架 LED
	三脚支架 LED
封装形式	乳白色 LED
	有色透明 LED
	有色散光 LED
	无色透明 LED
特殊要求	无边 LED
	镀锡 LED
	切短 LED
	切宽边 LED
	弯脚 LED

【问 6】 国产发光二极管型号命名规律（部标 FG）是怎样的？

【答】 国产发光二极管型号命名规律（部标 FG）见表 2-3。

表 2-3 国产发光二极管型号命名规律

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分	第六部分
用字母 FG 表示发光二极管	用数字表示发光二极管材料 1——表示磷化镓（GaP） 2——表示磷砷化镓（GaAsP） 3——表示砷铝化镓（GaAlAs）	用数字表示发光二极管的发光颜色 1——表示红色 2——表示橙色 3——表示黄色 4——表示绿色 5——表示蓝色 6——表示可变色	用数字表示发光二极管的封装形式 1——表示无色透明 2——表示无色散射 3——表示有色透明 4——表示有色散射 透明	用数字表示发光二极管的外形 0——表示圆形 1——表示方形 2——表示符号形 3——表示三角形 4——表示长方形 5——表示组合形 6——表示特殊形	用数字表示产品序号

【问 7】 PHILIPS - Lumileds 功率 LED 的命名规律是怎样的？

【答】 PHILIPS - Lumileds 功率 LED 的命名规律见表 2-4。

表 2-4 PHILIPS - Lumileds 功率 LED 的命名规律

LXML - ABCD - EFGH	
位置	说明与含义
A 处	代表配光曲线形状，其中 P 代表朗伯型
B 处	代表颜色
C 处	代表颜色变量，其中 0 代表有颜色

(续)

LXML - ABCD - EFGH	
位置	说明与含义
D 处	代表测试电流，其中 1 表示测试电流为 350mA
E 处	代表今后推出的产品保留的编号等级
FGH 处	代表最小光通量（lm）或辐射功率（mW）

【问 8】 LED 内部结构是怎样的？

【答】 LED 内部结构如图 2-3 所示。

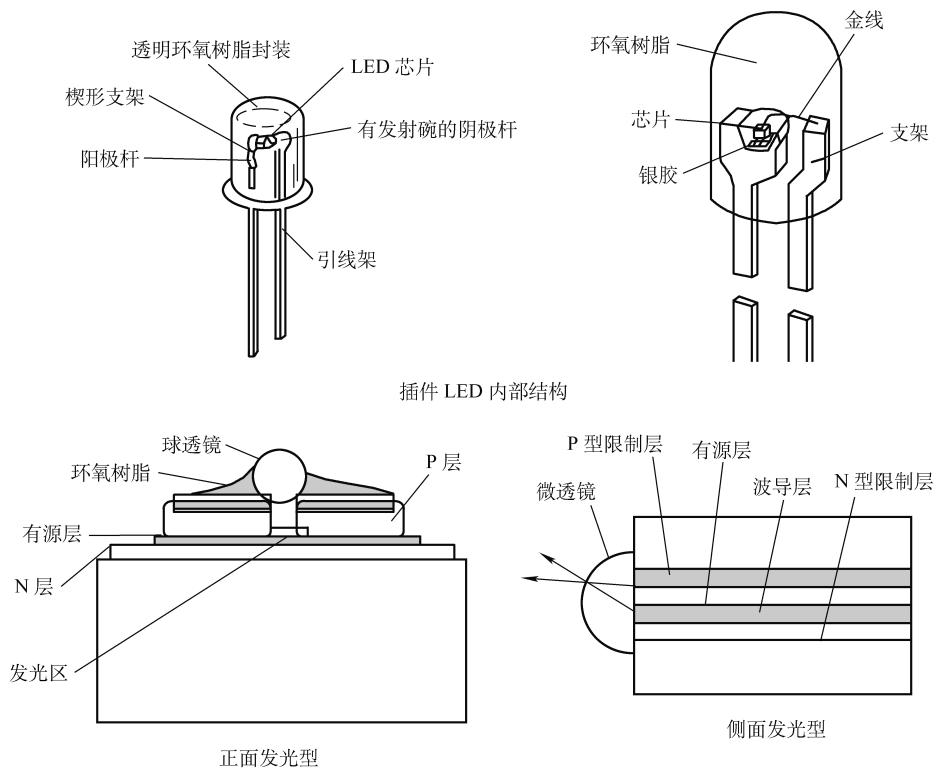


图 2-3 LED 内部结构

LED 内部结构主要由支架（即引线架）、银胶、LED 芯片、金线、环氧树脂组成。具体结构的特点见表 2-5。

表 2-5 具体结构的特点

名称	说 明
支架（即 引线架）	作用——主要用于导电、支撑等作用 组成——主要采用支架素材以及经过电镀形成的。LED 支架由里到外采用五层结构：素材→铜→镍→铜→银 种类——带杯支架、平头支架

(续)

名称	说 明
银胶	作用——主要用于固定 LED 芯片和起导电的作用 主要成分——银粉占 75% ~ 80%、环氧树脂 (EPOXY) 占 10% ~ 15%、添加剂占 5% ~ 10%
芯片	作用——芯片是发光的半导体材料 组成——采用磷化镓 (GaP)、砷铝化镓 (GaAlAs)、砷化镓 (GaAs)、氮化镓 (GaN) 等材料组成 结构——单线正极性 (P/N 结构) 芯片、双线芯片 焊垫形状——圆形、方形、十字形等种类
金线	作用——主要用于连接芯片焊垫 (PAD) 与支架, 并使 LED 芯片能够导通 特点——金线的纯度为 99.99% 的 Au, 延伸率为 2% ~ 6%, 尺寸有 0.9mil (1mil = $25.4 \times 10^{-6} \text{m}$)、1.0mil、1.1mil 不等
环氧树脂	作用——主要用于保护 LED 的内部结构 组成——封装树脂包括 A 胶 (主剂)、B 胶 (硬化剂)、DP (扩散剂)、CP (着色剂) 四部分组成

另外, 一些 LED 组合件或者 LED 模块内部结构往往由几个器件组合而成, 图 2-4 所示就是一例。

【问 9】 怎样识别 LED 的电极?

【答】 单只 LED 引脚分正极端、负极端, 多引脚 LED 则具有多只正极端、负极端或者具有空脚端。LED 的电极识别可以根据引脚长短、缺块、色标等特征来判断, 具体见表 2-6。

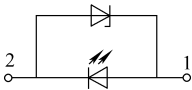


图 2-4 LED 模块内部结构

表 2-6 LED 引脚的识别

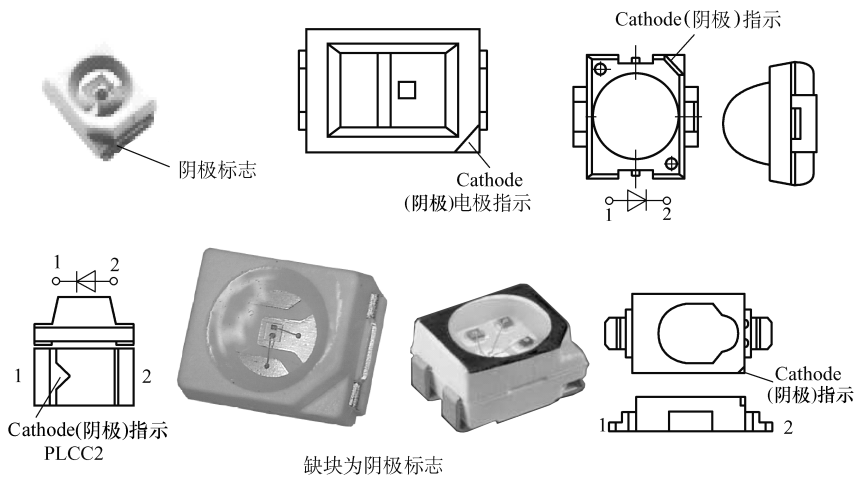
识 别	图 例
引脚长短——一般是长的引脚为正极端、短的引脚为负极端	
看内部特点——面积为大块对应的一端为阴极端	

(续)

识 别

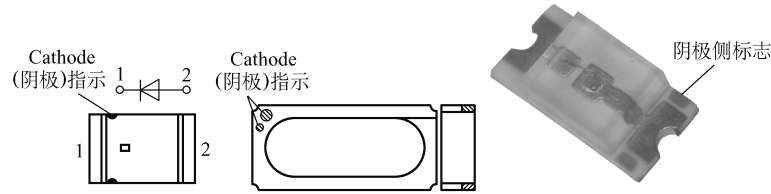
图 例

缺块——缺块表示的一端为阴极端

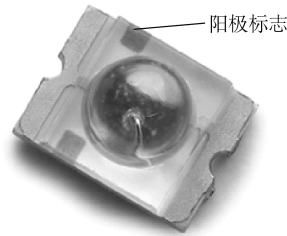


色块

一般情况下色块标志表示阴极端，图例如下：



但是，有时也用标志表示阳极，例如 ASMT - FJ30 中用蓝色块表示的那端为阳极，图例如下：



(续)

识 别	图 例
其他	

【问 10】 LED 的 $I-V$ (伏安) 特性是怎样的?

【答】 LED 是一个半导体二极管, 它的伏安特性会随温度而变化 ($-2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$), 其伏安特性是非线性的, 具有单向导电性, 具体特点见表 2-7。

表 2-7 LED 的 $I-V$ (伏安) 特性

图 例	区 域	说 明
	正向截止区	a 点对于 V_0 为开启电压, 不同 LED 开启电压不同, GaAs 为 1V, 红色 GaAsP 为 1.2V, GaP 为 1.8V, GaN 为 2.5V
	正向工作区	电流 I_F 与外加电压呈指数关系
	正向工作区	PN 结加反偏压, $V = -V_R$ 时, GaN 反向漏电流 I_R ($V = -5\text{V}$) 一般为 $10\mu\text{A}$
	反向击穿区	$V < -V_R$, V_R 称为反向电压; V_R 电压对应 I_R 为反向漏电流; 当反向偏压一直增加使 $V < -V_R$ 时, 则出现 I_R 突然增加而出现击穿现象; 不同的 LED 的反向击穿电压 V_R 不同

【问 11】 怎样理解 LED 特性图？

【答】 设计 LED 驱动电源时，需要了解 LED 电流、电压特性。不同型号的 LED，其电流、电压特性具有一定差异，因此，具体了解某一 LED 的参数以及其特性是应用、检修 LED 时的一种需要。

LED 的光电特性图包括正向电流与正向电压曲线图、光强与正向电流曲线图、反向电流与正向电压曲线图、最大正向直流与温度曲线图等。如图 2-5 所示就是 LED 的正向电流与正向电压曲线图。

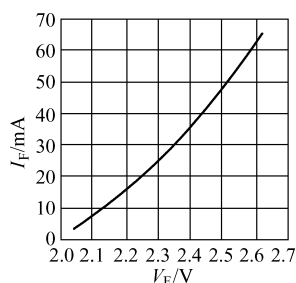


图 2-5 正向电流与正向电压曲线图

图 2-5 可以反映出 LED 在正向导通后其正向电压的细小变动将引起 LED 电流的较大的变化。从正向电流与正向电压曲线图可以看出，LED 是一个非线性器件。例如电压为 2.4V 时电流为 38mA 的 LED，此时如果电压为 2.6V，电流将超过 64mA，因此使用不当很容易烧毁 LED。

一般而言，加于 LED 两端的正向电压超过其相应额定值后，正向电压即使很小的增加，LED 的正向电流都有可能会成倍增长，致使 LED 发光体温升过快，从而造成 LED 光衰减、寿命缩短，甚至烧坏等现象的发生。

LED 是电流驱动的器件，控制其正向电流可以采用 LED 的 $V-I$ 曲线来确定产生预期正向电流所需要向 LED 施加的电压。该方法常采用电压电源 + 镇流电阻方式组成驱动。该方式当 LED 正向电压的任何变化都会导致 LED 电流的变化，并且镇流电阻有压降有功耗。

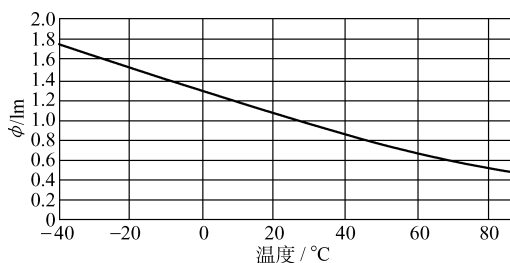


图 2-6 光通量与温度的关系曲线

从图 2-6 可以得出光通量与温度是成反比关系，因此，LED 与其应用的印制电路板具有良好的散热效果，对保持 LED 恒定亮度起到一定的保证作用。LED 的亮度输出与温度成反比，温度不仅影响 LED 的亮度，也影响它的寿命。

从图 2-7 中可以看出 LED 的光输出正比于正向电流，如果正向电流从 50mA 降低到 20mA，其光强会从 250% 减少到 100%。

LED 的输出光功率特性图如图 2-8 所示。从图中可以发现 LED 的 $P-I$ 特性呈线性，如果 I 过大时，由于 PN 结发热产生饱和现象，使 $P-I$ 特性曲线斜率减小。一般 LED 的工作电流为 50 ~ 100mA，输出光功率为几 mW。绿光和蓝光及白光在大电流情况下会出现饱和现象，发光效率大幅降低，使用寿命也会缩短。

【问 12】 LED 的主要极限参数有哪些？

【答】 LED 的主要极限参数见表 2-8。

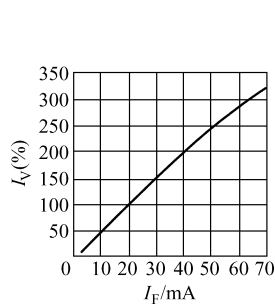


图 2-7 光强与正向电流曲线图

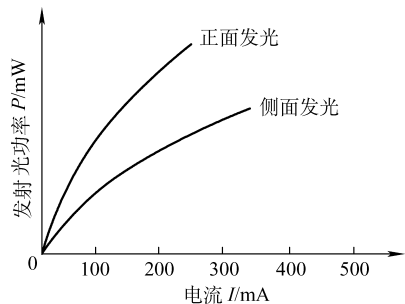


图 2-8 LED 的输出光功率特性

表 2-8 LED 的主要极限参数

符号	说 明
I_F	I_F 为 LED 的正向电流、顺向电流参数符号，与 I_F 有关的一些特点如下： 1) I_F 是在 LED 芯片施加一定电压后，所产生的正向导电电流 2) 正向电流的大小与正向电压的大小有关 3) 小功率 LED 的 I_F 一般为 20mA 4) LED 的发光强度仅在一定范围内与 I_F 成正比 5) 使用 LED 时，其工作电流不能够超过 LED 的 I_F 电流 6) I_F 正向电流促使 LED 发光，发光亮度与流过的电流成正比 7) LED 的正向电流按应用需要选用，批量应用时，不同电流档次的 LED 不要混合使用
I_{FP}	I_{FP} 表示 LED 瞬间脉冲电流、峰值正向电流参数符号。应用 LED 时，不能够超过此值
V_R	V_R 表示反向电压参数符号，也就是施加在 LED 芯片上的反向电压
V_{Rm}	V_{Rm} 表示最大反向电压参数符号，应用 LED 时，不能够超过此值
P_D	P_D 表示功耗、消耗功率参数符号，应用 LED 时，不能够超过此值
T_{opr}	T_{opr} 表示工作温度参数符号，应用 LED 时，不能够超过此值
T_{stg}	T_{stg} 表示贮存温度参数符号，应用 LED 时，不能够超过此值
T_{SOL}	T_{SOL} 表示镀锡温度参数符号，应用 LED 时，不能够超过此值

【问 13】 LED 的主要电参数有哪些？

【答】 LED 的主要电参数见表 2-9。

表 2-9 LED 的主要电参数

符号	说 明	测试相关条件
C_T	C_T 表示电容参数符号	
I_E	I_E 表示辐射强度、放射强度参数符号	
I_R	I_R 表示反向电流、逆向电流参数符号，也就是指 LED 芯片在施加反向电压后，所产生的漏电流，反向电流越小越好	反向电流是在一定反向电压条件下测试的
I_V	I_V 表示光强、亮度参数符号，亮度是指光源的明亮程度，即指在某方向上每个立体角的亮度，单位为 cd（坎德拉）， I_V 主要用于发光源 LED 的单位	光强一般是在一定 I_F 的条件下测试的，并且光强度的测量根据人眼响应曲线的 CIE 国际标准校正

(续)

符号	说 明	测试相关条件
P_0	P_0 表示辐射功率参数符号	
V_F	V_F表示正向电压、顺向电压参数符号，也就是施加在芯片两端，使芯片正向导通的电压，该电压与芯片本身、测试电流有关联性 V_F正向电压是为 LED 发光建立一个正常的工作状态，如果应用中的 LED 正向电压过大，则 LED 芯片会被击穿 LED 在批量生产时，每一批 LED 的正向电压具有一定的离散性，因此，选择 LED 时需要选择同一档次 V_F 的 LED 或相邻档次的 LED LED 的正向电压是设计 LED 电路需要考虑的参数，也是决定应用电路采用串联电阻阻值大小的决定因素	正向电压是在一定 I_F 的条件下测试的
$\Delta\lambda$	$\Delta\lambda$ 表示线半宽参数符号	
$\theta_{1/2}$	$\theta_{1/2}$ 表示半值角参数的符号	
λ_d	λ_d 表示主波长参数符号，即指眼睛可辨的单一波长	主波长的测量根据人眼响应曲线的 CIE 国际标准校正
λ_p	λ_p表示发光波长、峰值发射波长、峰波长参数的符号，有时简称为波长。波长反映了芯片的发光颜色，单位一般是 nm；峰波长是指产生最高 LED 发射强度的波长。由于人的眼睛对光线的敏感度依赖波长，LED 的峰波长不同，则人分辨的光色不同	波长是在一定 I_F 的条件下测试的

【问 14】 LED 的性能指标有哪些？

【答】 LED 的性能指标见表 2-10。

表 2-10 LED 的性能指标

名称	说 明
颜色	LED 颜色不同，其他相关参数也有差异，因此，设计、应用时需要明确选择 LED 的发光颜色
电流	多数情况下主要考虑正向电流，并且光衰电流不能大于正向电流的 1/3
电压	多数情况下主要考虑正向电压，不同 LED 的正向电压可能有差异，另外，正向电压在外界温度升高时，有下降的现象。另外，最大反向电压属于极限电压，应用选择时，不得超过该参数，以免损坏 LED
色温	光源的色温是通过对比它的色彩与理论的热黑体辐射体来确定的，色温以绝对温度 K 来表示。光源色温不同，光色也不同 色温在 3000K 以下有温暖的感觉，达到稳重的气氛 色温在 3000 ~ 5000K 为中间色温，有爽快的感觉 色温在 5000K 以上有冷的感觉
发光强度	发光强度简称光强。发光强度表示 LED 在单位立体角内发射的光通量，即衡量 LED 在空间发射的会聚能力，即“亮”得如何。发光强度的单位是坎德拉，简称坎，符号为 cd。mcd 为毫坎德拉，1cd = 1000mcd
光通量	光通量一般是指通过 LED 的正向电流为规定值时，LED 光学窗口发射的光的总量，单位为 lm（即流明）。主要用于表示 LED 的亮度参数或者指标。光源的光通量越大，发出的光线越多

(续)

名称	说 明
光照度	光照度的单位名称为勒克斯，符号为 lx。光照度表示被摄主体表面单位面积上受到的光通量。有的情况在光源上附加一个反射装置，使得某些方向能够得到比较多的光通量，从而增加这一被照面上的光照度
显色性	显色性一般就是指显色指数（ R_a ）。显色性表示颜色逼真的程度，也就是光源对物体本身颜色呈现的程度。显色性高的光源对颜色的再现较好，所看到的颜色也接近自然原色。显色性低的光源对颜色的再现较差，所看到的颜色偏差也较大 国际照明委员会（CIE）把太阳的显色指数定为 100。常见的忠实显色、效果显色特点如下： 忠实显色——能正确表现物质本来的颜色需使用显色指数（ R_a ）高的光源，其数值接近 100，显色性最好 效果显色——要鲜明地强调特定色彩，表现美的生活可以利用加色法来加强显色效果
眩光	视野内部具有不适宜亮度分布、亮度极高或极端的亮度对比，造成视觉不舒适就是眩光。眩光产生的后果有 3 种类型：不适型眩光、适应型眩光、丧能型眩光
使用寿命	LED 使用多久时间，停止发光或者发光衰退以致不能够使用。恰当的措施可以延长使用寿命，其中驱散 LED 芯片产生的热能是一种有效的方法
发光角度	LED 发光角度即是光线散射角度。发光角度主要靠二极管生产时加散射剂来控制实现
亮度	亮度是指 LED 单位光源面积在法线方向上，单位立体角内所发出的光流。亮度单位名称为坎/每平方米，符号为 cd/m^2 ，也有使用 nt（尼特）， $1\text{nt} = 1\text{cd}/\text{m}^2$
光效	光效是说明电光源将电能转化为光的能力，它是以发出的光通量除以耗电量来表示的，单位为 lm/W
平均寿命	平均寿命是指一批 LED 灯泡其中 1/2 的数量损坏时的小时数，其单位为 h
精度	在选择 LED 时，有时还必须考虑其精度。高精度的 LED 有利于保证大批量使用 LED 照明时的亮度与光色一致性

【问 15】 LED 亮度常见有哪些单位？它们是怎样换算的？

【答】 LED 亮度常见的单位有如下：

cd/m^2 ——坎每平方米；
lx——勒克斯；
fL——英尺朗伯（foot - Lamberts）。

它们的换算如下：

$1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$
 $1\text{cd} = 1\text{lm}/1\text{sr}$ （sr 为立体角的球面度单位）
 $1\text{lx} = 1\text{cd} \cdot \text{sr}/\text{m}^2$
 $1\text{nt} = 1\text{cd}/\text{m}^2$
 $1\text{nt} \times 0.2919 = 1\text{fL}$
 $1\text{fL} \times 3.426 = 1\text{nt}$

【问 16】 一些 LED 术语的含义是怎样的？

【答】 一些 LED 术语的含义见表 2-11。

表 2-11 一些 LED 术语的含义

名称	说 明
AlInGaP	AlInGaP 是首选的 LED 芯片材料, 含有铝、镓、磷元素, 用于产生红色、橘红色、琥珀色
Bin	档 (Bin) 有时也称为“等级”, 它是将性能参数 (光通量、颜色等) 的分布系统地划分为较小的组, 以满足不同的装配要求
Binning	分档 (Binning) 是将所制造产品按技术参数 (颜色、光通量、正向电压) 细分
CCT	相关色温 (CCT) 用于描述黑体 (普朗克辐射体) 与光源在外表上匹配的温度
InGaN	InGaN 是制造 LED 半导体的材料, 含有镓、氮元素, 用于生产绿色、蓝色、白色 LED 光源
共形荧光粉覆膜	使用荧光粉对 LED 均匀覆膜的工艺。该工艺可以消除白色 LED 所出现的蓝色光晕效应, 在光束中提供一致的白光
光通维持率	在光源在设计中, 剩余光通量与其原始光通率的百分比就是光通维持率
光通维持率曲线	光通维持率曲线是用于比较光输出损失与光源使用时间关系的图形
环氧树脂	环氧树脂常用于 LED 的外罩或透镜的有机聚合物。环氧树脂一般容易随时间而出现光衰, 导致较差的光通维持率
冷白	用于描述相关色温在 5000 ~ 7500K 的光, 此类光通常看起来略带蓝色
亮度	描述介于黑色与白色间的灰度范围
暖白	暖白是用于描述相关色温在 3000 ~ 3500K 的光, 此类光通常看起来略带黄色
热阻	热阻是衡量热传导能力的方法。热阻越小热传导能力越强
色调	描述不同的颜色看起来类似的情况
色度	描述亮度相同但颜色加深的灰度差异程度
色谱	人眼可见的所有波长
色域	组合不同的原色时, 颜色在 CIE 的区域

【问 17】 LED 有哪些常见的分级?

【答】 在 LED 等半导体产品的生产过程中, 其技术规格书中提供的各项参数平均值不同, 一些性能也存在差异。因此, 一些 LED 根据光通量、颜色、正向电压 (V_F) 对 LED 进行分级。具体的一些分级如下。

1) 光通量等级: 光通量等级一般是在一定电流下进行测试并分级的, 不同的级别具体体现在最小光通量、最大光通量界限不同。如果是同一 LED 生产厂家的光通量等级则具有一定的连续性。

2) 颜色: 颜色的等级一般根据色分级坐标系来分级。并且 x 、 y 色度坐标值一般具有一定的公差值。

3) 正向电压: 单个 LED 产品的正向电压 V_F 的最大值及最小值对应的分级等级。

【问 18】 什么是二元、三元、四元 LED 芯片?

【答】 LED 芯片的几元就是指芯片中所含的有效元素的数目, 常见的类型如下:

二元芯片 (磷、镓) —— 有两种有效元素。

三元芯片 (磷、镓、砷) —— 有三种有效元素。

四元芯片 (磷、铝、镓、镉) —— 有四种有效元素。

【问 19】 插件 LED 折脚、弯脚有哪些注意事项?

【答】 插件 LED 折脚、弯脚注意事项如下:

1) 折脚、弯脚时不要离胶体太近, 一般应与胶体保持 2mm 以上的距离, 如图 2-9 所示。

2) LED 引脚在同一处的折叠次数不能超过 3 次。

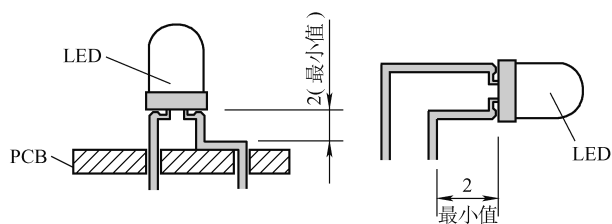


图 2-9 折脚、弯脚时不要离胶体太近

3) LED 引脚弯成 90° ，再回到原位置不要超过 2 次。

4) LED 支架成形必须用夹具进行操作。

5) LED 支架成形必须在焊接前完成。

如图 2-10 所示为一些插件 LED 折脚、弯脚正确操作图例（即图中打勾的）与错误操作图例（即图中打叉的）。

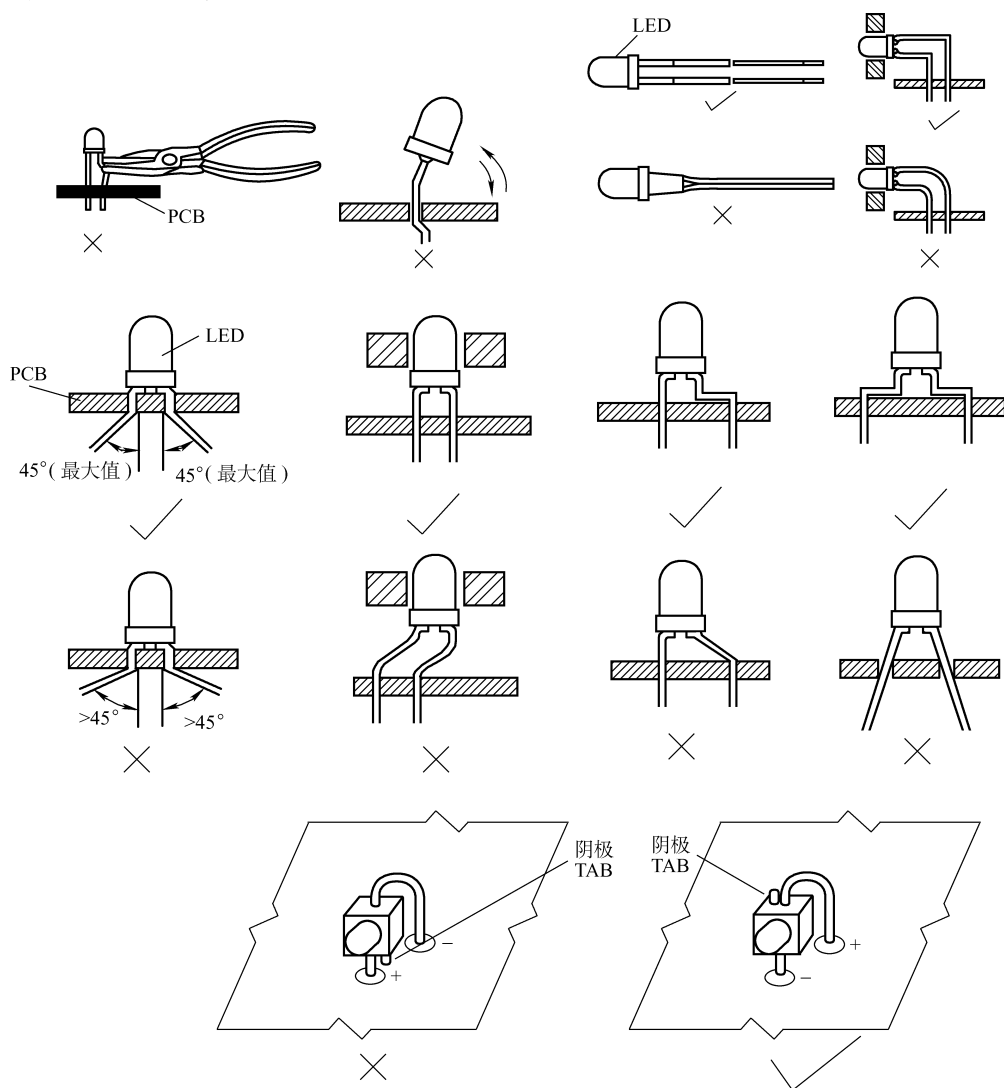


图 2-10 插件 LED 折脚、弯脚操作正、误图例

【问 20】 LED 焊接有什么要求？

【答】 LED 焊接的要求如下：

1) 电烙铁焊接：电烙铁功率最高为 30W，其尖端温度不得超过 300℃；焊接时间不得超过 3s；焊接位置至少离胶体 4mm。

2) 浸焊：浸焊最高温度为 260℃；浸焊时间不得超过 5s；浸焊位置至少离胶体 4mm。

【问 21】 学习与应用 LED 有关中英文对照是怎样的？

【答】 学习与应用 LED 有关中英文对照见表 2-12。

表 2-12 学习与应用 LED 有关中英文对照

英 文	对 应 中 文	英 文	对 应 中 文
active loss	无功损耗	dynamic	动态
Amber	琥珀色	Edge LED Driver	侧光式 LED 驱动器
backplane	背板	Emittedcolor	发光颜色
battery	电池	Enable	有效、启用、使能
benchtop supply	工作台电源	ESD	静电防护
BIN Rank	等级范围	Failling edge	下降沿
Block Diagram	框图	FAR FIELD PATTERN	指向特性
Blue	蓝色	Features	概述
Bootstrap	自举	figure of merit	品质因数
Bus、Busbar	母线	Freewheel diode	续流二极管
capacitor	电容	GaAs	砷化镓
capacity	容量	GaAsP	磷砷化镓
CC	恒流	GaP	磷化镓
Characteristics	描述	Green	绿色
Cleaning	清洗	HB-LED	高亮度发光二极管
Condition	条件	heat sink	散热片
Current Limit	限流保护	high side	高压侧（边）
CV	恒压	Ice Blue	冰蓝色
Cyan	青色	impedance	阻抗
Cycle by Cycle	逐周期	Independent Channel	独立通道
Dead Time	死区时间	Indicator	指示
Decoration	装饰	Inductor	电感
dimming	调光	Inverting	反相
diode	二极管	Iron	电烙铁
Direct-type LED BLU	直下式 LED 背光单元	jittery	抖动
Disable	禁用、无效、关断	large output capacitor	大输出电容
Distance	焊接距离	LED Backdrop screen	LED 背景屏
Dominant Wavelength	主波长	LED High Power	LED 大功率投光灯
Driver losses	驱动器损耗	LED High Power wash wall	LED 大功率洗墙灯
dropout voltage	压差	LED Hurdle Lamp	LED 护栏管
duty cycle	周期	LED Light Bar	LED 灯条

(续)

英 文	对 应 中 文	英 文	对 应 中 文
LED optical fiber	LED 光纤	Red	红色
LED panel	LED 显示屏	ripple current	纹波电流
LED Point Source	LED 点光源	rising edge	上升沿
LED Soft No	LED 柔性霓虹灯	scaling	缩放
LED Soft Rope Light	LED 柔性灯带	schottky diode	肖特基二极管
LED Street Light	LED 街灯	Solar Panel	太阳能板
LED String	LED 串	Solder Temperature	焊接温度
Lens color	胶体颜色	Soldering Condition	焊接条件
LLC	半桥谐振	Soldering Time	焊接时间
Material	材质	SSL	固态照明
Mechanical Dimensions	外形尺寸	static	静态
MPPT	最大峰值功率追踪	step – up transformer	升压变压器
Multiple Linear Drivers	多通道线性驱动器	stray inductances	杂散电感
Natural White	暖白色	Super Red	超级红/橘红
Notes	说明	Symbol	符号
Optical Characteristics	光学特性	Test Condition	测试条件
Orange	橙色	Thermal	散热
Others	其他	thermal slug	散热片
panel efficiency	面板能效	Threshold	阈值
Parameter	参数	timing resistor	振荡电阻
Part Number	产品型号	Traffic Light	交通灯
Power MOS for the Boost	升压用功率 MOSFET	TRIAC	双向晶闸管
Power up	上电	Typical Electrical	典型电性
power – factor	功率因数	Under Voltage Lockout (UVLO)	欠电压锁定
pull down	下拉	Unit	单位
Pulse width	脉宽	Values	值
Pure Green	纯绿色	Violet	紫色
Pure Yellow	纯黄色	Wave Soldering Profile	波峰焊
Purple Red	紫艳红	WLED	白色发光二极管
Rating	数值	Yellow	黄色
reactive loss	有功损耗		

2.2 检测与判断

【问 22】 怎样采用电容法与万用表检测与判断 LED 的好坏？

【答】 首先选择一个容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电解电容，再把万用表调到 $R \times 100\Omega$ 档，并且对该电容充电，其中万用表的黑表笔接电容正极，红表笔接负极，充电完毕后，黑表笔改接电容负极，并且将被测 LED 接于红表笔与电容正极间。如果 LED 亮后逐渐熄灭，则说明 LED 是好的。此时红表笔接的是 LED 的负极，电容正极接的是 LED 的正极。如果 LED 不

亮, 将其两端对调重新接上测试, 如果还是不亮, 则说明该 LED 已经损坏。

【问 23】 怎样采用万用表检测与判断 LED 的好坏?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 10k\Omega$ 档, 然后进行正、反向电阻测量。正常情况正向电阻为几 ~ 十几 $k\Omega$, 反向电阻则为无穷大 (∞)。如果与正常值偏差较大, 则说明 LED 可能已经损坏。

另外, 也可以采用万用表 $R \times 1k\Omega$ 档检测。这时, 因万用表表内工作电压只有 1.5V, 因此需要外接一只 1.5V 的干电池, 正常情况下, 正向测量时万用表的指针向右大幅度偏转, 同时 LED 发光。反向测量时, 万用表的指针不动, 并且 LED 不亮。

【问 24】 怎样采用万用表检测 LED 的工作能力?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 10k\Omega$ 档, 对 LED 的正向电阻进行检测, 如果 LED 点亮, 说明其灵敏度较高, 适宜在小电流状态下工作。如果 LED 不亮, 说明其灵敏度相对而言较低。

【问 25】 怎样采用直观判断法检测 LED 的极性?

【答】 LED 极性的直观判断法如下。

1) 对于管座无凸点标记的 LED, 可以透过其外表看其内部触片的大小来辨别, 其中大的一侧引线为负极端, 另一侧即为正极端。

2) 对于管座有凸点标记的 LED, 其凸点处的引脚就是正极。

【问 26】 怎样检测与判断单色 LED 的极性?

【答】 单色 LED 极性的检测与判断可以通过万用表来进行。首先把万用表调到 $R \times 10k\Omega$ 档, 然后两只表笔分别去测 LED 的正、反向电阻。如果正向电阻检测为十几 $k\Omega$ 左右, 则说明黑表笔所接的电极就是 LED 的正极, 另外一端就是 LED 的负极。

【问 27】 怎样采用万用表检测与判断自闪二极管电极的极性?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 1k\Omega$ 档, 然后红、黑表笔分别接自闪二极管的两引脚进行检测, 并且读出数值。然后调换一次表笔再检测一次, 并且读出数值。比较两次数值, 以电阻大的一次为依据: 黑表笔所接的为自闪二极管的正极, 红表笔所接的为自闪二极管的负极。

【问 28】 怎样采用万用表判断自闪二极管的好坏?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 10k\Omega$ 档, 然后红、黑表笔分别接自闪二极管的两引脚进行检测, 并且读出数值。然后调换一次表笔再检测一次, 并且读出数值。比较两次数值, 电阻大的一次指针具有 1cm 多的摆幅, 并且自闪二极管一闪一闪地发出亮光, 说明自闪二极管正常。

【问 29】 怎样采用万用表判断变色 LED 的引脚?

【答】 变色 LED 是把一只红色 LED 与一只绿色 LED 封装在一起, 并且它们的负极连在一起, 然后引出作为公共端。它们的阳极各自单独引出。

变色 LED 可以采用 MF47 等型号的万用表检测。首先把万用表调到 $R \times 10k\Omega$ 档, 然后红表笔接任一引脚, 黑表笔接另外两引脚, 如果出现两次低电阻, 即大约 $20k\Omega$, 则红表笔所接的就是其公共负极端。然后, 就是判断各自的阳极端, 具体方法如下: 首先采用 3V 电池串一只 200Ω 电阻, 然后电池负极接其公共负极端, 200Ω 电阻一端分别接另外两端, 当接触哪一端就发出相应的光, 则该端对应相应 LED 的阳极端。电路示意图如图 2-11 所示。

【问 30】 怎样采用观察法判断红外 LED 的极性?

【答】 红外 LED 的引脚有长短之分,一般短脚为其负极,长脚为其正极。全塑封装的红外 LED 直径有 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 圆形类型的,则其侧面有一个小平面,靠近小平面的—端为其负极,另一端为其正极。

红外 LED 呈透明状,管壳内的电极清晰可见,其中,内部电极较宽较大的一个为其负极,较窄且小的一个为其正极。

【问 31】 怎样采用万用表判断红外 LED 的极性?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 1\text{k}\Omega$ 档,然后对红外 LED 进行测量,正常情况下正向电阻为 $20 \sim 40\text{k}\Omega$,则这时黑表笔接的一端为其正极,另外一端就是其负极。红外 LED 要求反向电阻越大越好。

【问 32】 怎样采用万用表检测红外 LED 的性能?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 1\text{k}\Omega$ 档,测量红外 LED 的正、反向电阻,通常正向电阻在 $30\text{k}\Omega$ 左右,反向电阻在 $500\text{k}\Omega$ 以上,要求反向电阻越大越好。

【问 33】 怎样采用万用表判断红外 LED 的好坏?

【答】 首先把万用表调到 $R \times 1\text{k}\Omega$ 档,然后检测红外 LED 的正、反向电阻,正常的正向电阻一般为 $20 \sim 40\text{k}\Omega$ 间,反向电阻一般在 $200\text{k}\Omega$ 以上。如果反向电阻越大,说明漏电流越小,质量越好。如果反向电阻仅为几十 $\text{k}\Omega$,说明所检测的红外 LED 质量较差。如果正、反向电阻均为 ∞ 或为零时,说明所检测的红外 LED 已经损坏。

【问 34】 怎样检测 LED 灯珠?

【答】 LED 灯珠采用多个 LED 串接而成,若想判断哪个 LED 损坏,可以采用相应数值的电压电源接触每个 LED 的两引脚,看其是否点亮,如果接触某一个 LED 不亮,说明该 LED 损坏。

串联成组结构,只要有一个损坏,则整组就不会亮。

【问 35】 怎样检测 LED 是否为多只 LED?

【答】 有的可以在静态下,通过观察其内部的 LED 芯来进行判断。例如图 2-12 就可以很明显地看出是采用 3 只 LED 芯组成的贴片 LED。

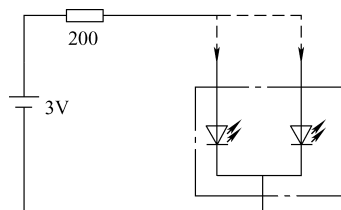


图 2-11 变色 LED 引脚的判断电路示意图



图 2-12 内部有 3 只 LED 芯

2.3 驱动

【问 36】 LED 驱动有哪些特点?

【答】 LED 的驱动特点如下。

1) LED 驱动,首先要明确 LED 的光输出直接与 LED 电流相关,因此,LED 驱动的控制一定要在 LED 输入电压、温度等因素变化的情况下,LED 的电流也可控。

2) LED 阵列的串、并联形式,LED 个数的变化均会使驱动电路输出电流发生变化,同时,需要注意一般电路中的限流电阻也需要调整。

3) 采用合适的 LED 驱动电路的拓扑结构。简单结构的 LED 驱动电路一般只适合驱动

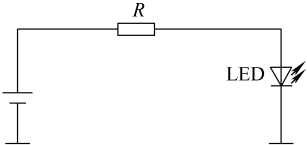
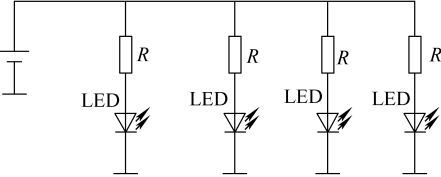
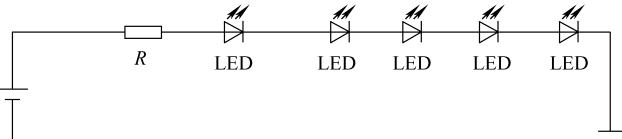
固定的阵列形式。具有反馈功能的驱动电路一般可以驱动一定范围的可变阵列形式。

- 4) LED 驱动电路需要保持较低的自身功耗以及具有良好的散热特点。
- 5) 应用 LED 驱动集成电路时，不要超出其极限参数，以免造成驱动集成电路的损坏。
- 6) LED 驱动电源的设计及驱动方式要选择恰当，以免损坏 LED。

【问 37】 LED 驱动电路有哪些类型？

【答】 LED 驱动电路的一些类型见表 2-13。

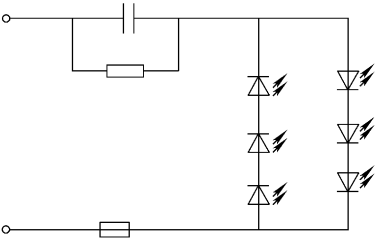
表 2-13 LED 驱动电路的一些类型

名称	说 明
电阻驱动	电阻驱动是最简单的方式，它就是利用电压源通过串接一个电阻，为 LED 提供所需工作电流。只要工作电压保持恒定，LED 就可以发出恒定强度的光，电路示意如下图：  The diagram shows a DC voltage source connected in series with a resistor labeled 'R' and a single LED. The LED is represented by a triangle with a vertical line and two short diagonal lines indicating light emission. 上图中串接电阻的选择：$R = (V_{CC} - V_F) / I_F$ 式中，V_{CC}为电压源电压； V_F为 LED 正向导通电压； I_F为 LED 正常工作电流 如果电压源电压、电流允许，则上述 LED 电阻驱动电路还可以驱动多只 LED，具体如下图所示：  The diagram shows a single DC voltage source connected to a parallel array of four LEDs. Each LED is connected to the positive supply line through its own individual resistor labeled 'R'. All LEDs share a common ground connection. 并联驱动  The diagram shows a single DC voltage source connected in series with a resistor labeled 'R' and a chain of five LEDs. All LEDs are connected in series between the resistor and the ground. 串联驱动 如果 LED 的驱动电压高于 LED 最大的正向电压，并且提供的电流足够，则实际电路不需要升压转换器或者复杂的电流源，采用该种简单的驱动电路即可。因此，在实际中就有直接采用电池来作为电压源。 如果采用直接用电池驱动 LED 比较困难或者有的需要 AC/DC、DC/DC，则需采用另外类型的 LED 驱动电路来驱动。如果是电网电源通过降压变压器降压，桥式整流滤波后，再通过电阻限流来使 LED 稳定工作，这样的电路由于电阻有损耗，效率低，因此，应用场所较少 另外，通过三端集成稳压（例如 XX7809）器输出稳定电压，再经过限流电阻接 LED。这样的电路，因三端集成稳压器、电阻上均要损耗，因此，效率也低，电流稳定度也低，仅适用于小功率 LED 的驱动

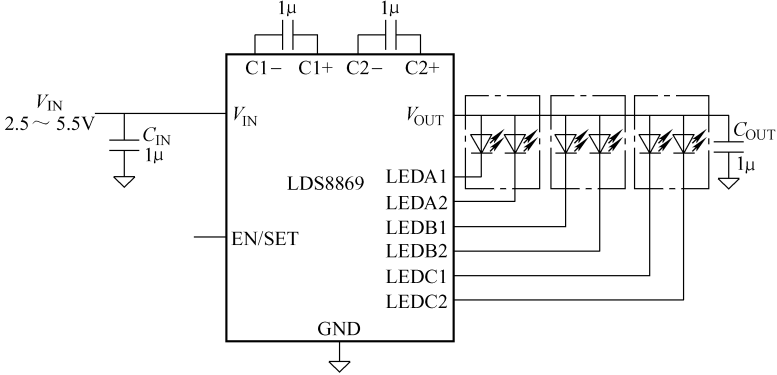
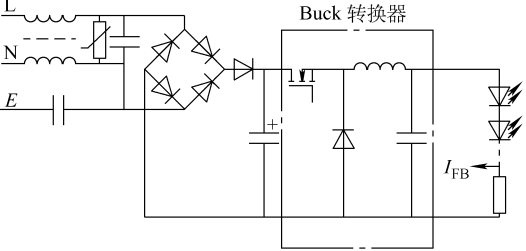
(续)

名称	说 明
恒流驱动	LED 的亮度大小是由流过 LED 的电流大小所决定的，因此，控制流过 LED 的电流大小，也就控制了 LED 的亮度。控制了流过 LED 电流的稳定性，也就是控制了 LED 亮度的稳定性。恒流驱动的情况如下： 1) 恒流驱动电路输出的电流是恒定的，输出的直流电压随负载阻值的大小不同在一定范围内变化，一般负载阻值小，输出电压低，负载阻值大，输出电压高 2) LED 驱动电路的选择，一般建议选择恒流驱动模式，但需要注意该类型 LED 驱动成本较高 3) 恒流电路不怕负载短路，但严禁负载完全开路 4) LED 驱动电路的最大承受电流与电压，限制了 LED 的使用数量 5) 恒流输出模式比恒压模式更适合在照明领域中应用 6) 大、中功率 LED 的驱动，可以利用电流负反馈原理设计的一些恒流驱动电路来驱动 7) LED 照明驱动电路的主要功能是将交流电压转换为恒电流源并同时完成与 LED 的电压和电流的匹配。恒流驱动就是保持 LED 的电流不变，大功率 LED 一般采用恒流驱动模式 8) 恒流驱动电路根据调整管是工作在线性，还是开关状态，恒流驱动电路可以分成线性恒流驱动电路和开关恒流驱动电路 线性恒流驱动电路——就是工作于线性区的功率晶体管或 MOSFET 作为一动态可调电阻来控制负载的线性调节器驱动 LED 电路。线性恒流驱动电路可以分为并联型（又称为分流调节器）与串联型，分别如下图所示： 当输入电压增大或者 LED 减少时， 通过分流调节器的电流将会增大， 限流电阻上的压降增大， 通过 LED 的电流保持恒定 当输入电压增大时， 调节动态电阻增大， 保持 LED 上的电压（电流）恒定 例如采用三端集成稳压器组成恒流电路就是线性恒流驱动电路。三端集成稳压器 LM337 的最大输出电流可达 1.5A，工作压差 $\leq 40V$（线性恒流驱动器需要注意工作压差），其可以组成 LED 驱动电路，如下图所示：

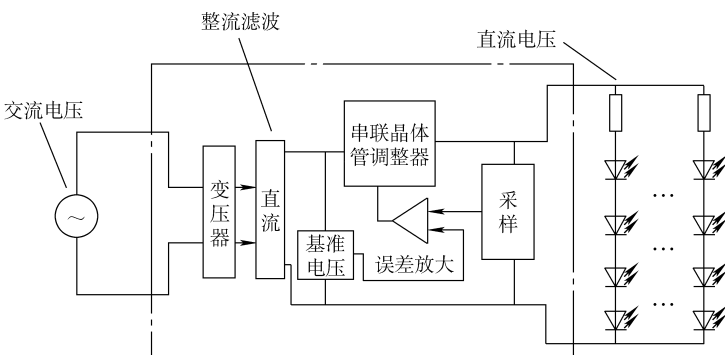
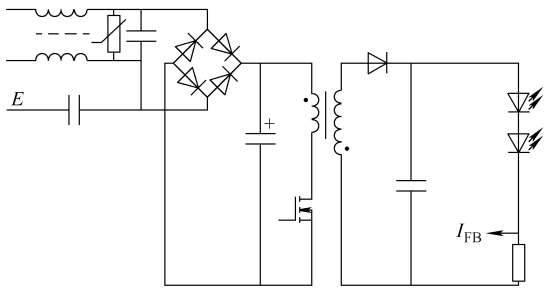
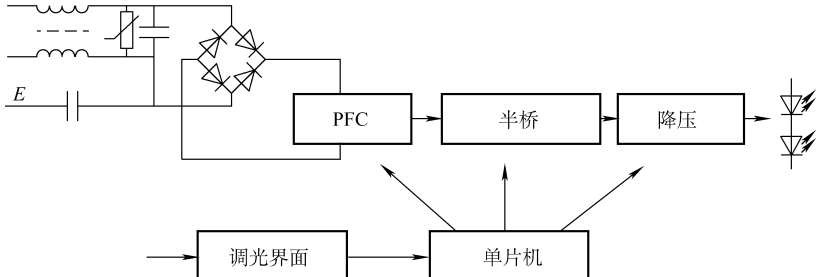
(续)

名称	说 明
恒流驱动	3) 一般不能直接用 AC220V 供电 4) 对电源电压变化的适应性差 5) 对 LED 负载变化的适应性差 6) 仅能工作在降压状态, 不能工作在升压状态 7) 由于功率晶体管或 MOSFET 有一个饱和导通电压, 所以, 输入的最小电压必须大于该饱和电压与负载电压之和, LED 驱动电路才能够正确工作 8) 线性恒流驱动电路一般用于低功率普通 LED 的驱动 开关恒流驱动电路又可以分为分立元器件开关恒流驱动电路、IC 为核心的开关恒流驱动电路、直流低压开关恒流电路、交流 220V 开关恒流驱动电路 恒流驱动根据输入、输出电压关系可以分为以下几种: 直流入 - 直流出类型 (DC/DC)、交流入 - 直流出类型 (AC/DC)。其中, 直流入 - 直流出类型 (DC/DC) 又可以分为以下几种: 1) 升压型恒流驱动, 其又可以再分为电容式 (电荷泵) 升压型恒流驱动、电感式升压型恒流驱动 2) 降压型恒流驱动, 例如有电感式降压型 3) 升降压型恒流驱动, 其又可以再分为电荷泵升降压型、电感式升降压型 (有单电感式与双电感式之分)
恒压驱动	恒压驱动的一些特点如下: 1) 保持 LED 两端的电压不变来驱动 LED, 即电源电压在一定范围内变动时, 输出波动很小 2) 恒压驱动时, LED 一般采用并联 3) 恒压驱动时, 可以设计串联限流电阻来实现 LED 电流的调节 4) 恒压驱动, 也就是稳压式驱动 5) 输出的电压是固定的, 输出的电流是随着负载的增减而变化 6) 恒压电路不怕负载开路, 但严禁负载完全短路 7) 恒压驱动电路驱动 LED, 设计合适的电阻可以使每串 LED 显示亮度平均
阻限流驱动	在 LED 的电路中串接电阻, 通过调节电阻的阻值, 可以改变 LED 的驱动电流, 这样的电路就是 LED 的阻限流驱动
阻容降压式驱动	阻容降压式驱动的一些情况如下: 1) 效率低, 降压电阻上消耗大量电能 2) 不能够提供大电流驱动 3) 不能采用并联方式, 一般采用串联方式降低电流。如果每组串联的 LED 中可加一个二极管, 当两组串联的 LED 有一个内部开路时, 另一组有可能被反向电压击穿, 串入一个二极管后, 则可保护剩余的 LED 不会被损坏 4) 稳定电压能力差 5) 电容并联电阻的作用是在断电时保证电容上的电压能够及时放掉 6) 不适用于运动物体的照明场合 7) 阻容降压式驱动电路如下图所示: 

(续)

名称	说 明
即不恒压，也不恒流驱动	有一种 LED 驱动方式是既不恒压，也不恒流，其主要通过电路的设计，达到控制当 LED 正向电压升高时，使驱动电流减小的目的
基于电感的 LED 驱动	基于电感的 LED 驱动的一些特点如下： 1) 一般用于驱动串型连接的 LED 2) 能够提供可变与优化的电压升高比例，具有高电源转换效率 3) 体积庞大的储能电感限制了该 LED 驱动电路在小型掌上设备中的一些应用
电荷泵型 LED 驱动	电荷泵型 LED 驱动的外部电路简单，一个电荷泵可以产生高于输入电压的输出电压。因此，该类 LED 驱动器在便携式设备中应用广泛 电荷泵型 LED 驱动方案有电荷泵上的各个电流通道使用匹配的电流独立驱动、采用外部电容提供运行模式来进行升压等 电荷泵的运行模式有 1 倍 (1x)、1.33 倍 (1.33x)、1.5 倍 (1.5x)、2 倍 (2x) 模式。1.33x 模式电荷泵的特点如下： 1) 在 1x/1.5x/2x 模式基础上发展来的 2) 1.33x 模式的功效水平近似于电感式升压器的功效 3) 一些新型的 1.33x 结构取消了第三个快速电容 另外，电荷泵型 LED 驱动电路具有不同的端口，例如 LDS8864 ~ LDS8866 (PWM 接口)、LDS8867 ~ LDS8869 (1-线接口) 等。LDS8869 典型应用电路如下： 
非隔离型 LED 驱动器	非隔离型 LED 驱动器的输入交流线与输出直流线有公共线，该电路首先把输入交流直接整流成高压直流，再用高压 IC 或者分立元器件组成的电路进行恒流控制。非隔离型 LED 驱动器应用中使用 Buck 转换器比较多，图例如下所示： 

(续)

名称	说 明
隔 离 型 LED 驱动器	隔离型 LED 驱动器一般采用变压器隔离，电路特点是输入交流线与输出直流线没有公共线。其可以分为工频变压器隔离与高频变压器隔离。工频变压器隔离就是把交流经变压器隔离、降压，后输出低压经过整流、稳压电等处理输出 LED 所需直流电压。工频变压器由于自身损耗，以及需要在 LED 串接限流电阻，因此，该类型电路具有效率低、温升高、体积大、重量重、亮度不稳定等缺点。工频变压器隔离电路图例如下所示：  高频变压器隔离的特点：变压器一次绕组输入电压是直接交流市电整流得到的高压直流，变压器二次绕组是高频脉冲电压经整流滤波而来输出直流电压驱动 LED。高频变压器隔离又可以分为高频稳压电源变压器隔离与恒电流源变压器隔离，它们主要区别在于恒电流源变压器隔离增设了恒流调制电路。高频变压器隔离电路形式如下图所示： 
数字控制 LED 驱动器	数字控制 LED 驱动器是具有数字接口或者通过单片机进行控制、调节的 LED 驱动电路。其电路形式如下图所示： 

从 LED 的角度来看, LED 驱动电路可以分成串联驱动、并联驱动、混联驱动。串联驱动采用电感型 DC/DC 升压转换原理,所有的 LED 是串联连接的。LED 采用串联驱动的一些特点如下:

- 1) 当有 LED 短路时,容易损坏所有的 LED。
- 2) 当有 LED 断路时,则所有的 LED 都不亮。
- 3) 成本低、电路体积小。
- 4) 效率高。
- 5) 串联驱动电路采用了电感,对系统中的其他电路可能会有一定的干扰。
- 6) 串联方式要求 LED 驱动器输出较高的电压。
- 7) 串联方式通过每个 LED 的电流相同,LED 的亮度要一致。
- 8) LED 串联电路需要电源提供较高的电压。其中, $V_{\text{总}} = \text{各 LED 的 } V_F \text{ 之和} = V_{F1} + V_{F2} + V_{F3} + V_{F4} + \cdots + V_{FN}$, $I_{\text{总}} = \text{单颗 LED 的 } I_F \text{ 值}$ 。

并联驱动采用电容型的电荷泵倍压原理,所有的 LED 是并联连接的。并联驱动的一些特点如下:

- 1) 利用电容将电流从输入端传送到输出端。
- 2) 电路中不需要采用电感。
- 3) 转换效率较低。
- 4) 输出电压受到规定限制,即受电荷泵的电压转换比例 1.5 或者 2、1.33 的限制。
- 5) 为保证电流的均匀分配,驱动器内置电流镜方式或者外接电阻。
- 6) 并联方式要求驱动器输出较大电流,负载电压较低。
- 7) 分配在所有 LED 两端电压相同。
- 8) 当 LED 的一致性差别较大时,通过每个 LED 的电流不一致,LED 的亮度也不同。
- 9) 功率型 LED 做并联负载时,不宜选用恒流式驱动器。
- 10) LED 并联需要电源能提供较高的电流。其中, $V_{\text{总}} = \text{单颗 LED 的 } V_F \text{ 值}$ 。 $I_{\text{总}} = \text{各 LED 的 } I_F \text{ 之和} = I_{F1} + I_{F2} + I_{F3} + I_{F4} + \cdots + I_{FN}$ 。

需要比较多的 LED 的场合,如果将所有 LED 串联,则需要 LED 驱动器输出较高的电压。如果将所有 LED 并联,则需要 LED 驱动器输出较大的电流。因此,所有 LED 串联或并联,限制了 LED 的使用量,而且并联 LED 负载电流较大,驱动器的成本增大。为此,有采用混联驱动电路。混联驱动电路的特点如下:

- 1) LED 串联/并联连接,可大幅减降因少数 LED 的 V_F 不一致造成的影响。
- 2) 串联/并联形式会使输出电流随输入电压、环境温度等因素而发生的变化更加显著。
- 3) LED 混联方式具有不同的类型,图 2-13 和图 2-14 就是两种不同的连接方式。

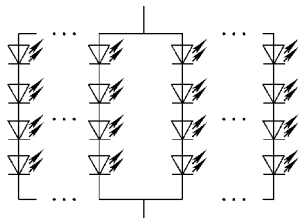


图 2-13 一字混联

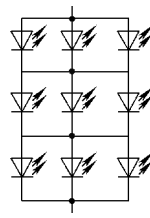


图 2-14 田字混联

从驱动 LED 的数量来看,可以分为多只 LED 驱动与单只 LED 驱动。多只 LED 驱动需要注意选择 LED 的一致性以及驱动电压符合要求。如果 LED 不一致,则光强、亮度不均,色彩异常。

从驱动 LED 是否集成来看,可以分为分立元器件电路驱动器与集成驱动器。集成驱动器根据开关管的情况可以分为内置开关管集成驱动器、外置开关管集成驱动器。

从 LED 的应用,可以分为消费类产品 LED 驱动、汽车应用 LED 驱动、照明应用 LED 驱动,各自的一些特点见表 2-14。

表 2-14 LED 的应用驱动

名 称	特 点
消费类产品 LED 驱动	该类消费类产品特点:采用电池供电、电压一般为 4.2~8.5V 等 LED 驱动:一般选择小电流、低电压的 LED 驱动器
汽车应用 LED 驱动	该类消费类产品特点:采用蓄电池供电、电压一般为 48V 等 LED 驱动:一般选择较高电压的 LED 驱动器
照明应用 LED 驱动	可以选择采用 AC/DC 转换的一些 LED 驱动器

另外,电阻驱动、线性调节器驱动器等其实属于固定电压型 LED 驱动器。

【问 38】 LED 驱动集成电路的控制模式有哪些?

【答】 LED 驱动集成电路的控制模式见表 2-15。

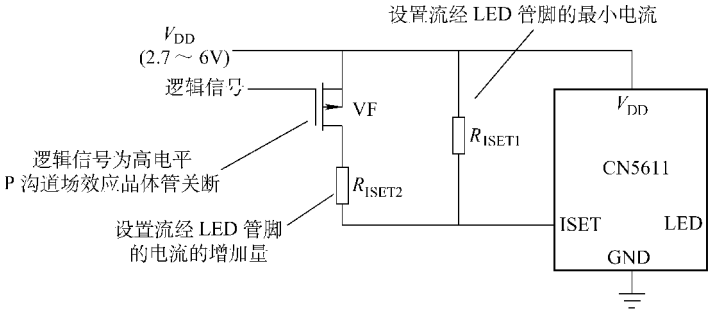
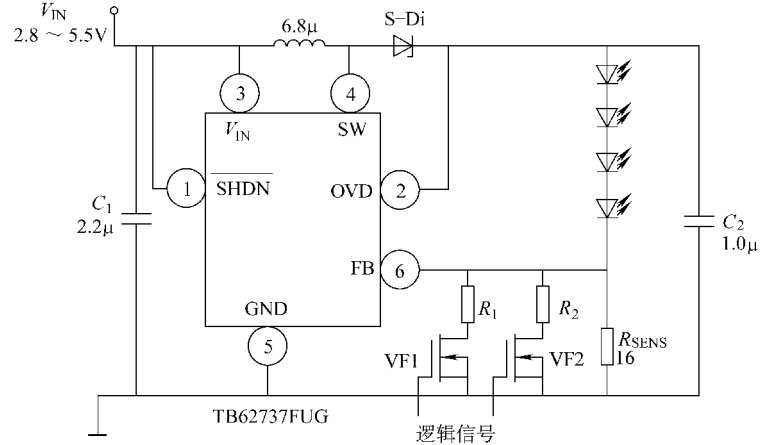
表 2-15 LED 驱动集成电路的控制模式

名称	说 明
PFM	PFM 就是通过调节脉冲频率实现稳压输出,从而达到对 LED 的驱动。PFM 的特点如下: 1) 脉冲宽度固定 2) 内部振荡频率是变化的 3) 滤波比 PWM 控制模式困难 4) 提供电流较小 5) 输出功率低 6) PFM 驱动 LED 属于恒压驱动方式控制 LED 7) PFM 适宜静态功耗较低的应用场合
PFM/PWM	PFM/PWM 是在 PFM 基础上改进的一种控制技术。PFM/PWM 是 PFM 与 PWM 有机结合的一种控制方式
PWM	PWM 就是在输入电压、内部参数、外接负载变化时,通过控制被控制信号与基准信号的差进行闭环反馈,调节集成电路内部开关器件的导通脉冲宽度,从而使输出电压或电流等被控制信号稳定 PWM 的一些特点如下: 1) 开关频率一般是恒定的 2) 滤波比 PFM 控制模式容易滤波些 3) PWM 驱动 LED 属于恒压驱动方式控制 LED 4) 提供好的线性调整率和负载调整率的恒定输出电流 5) PWM 适用于输出功率较大,并且输出噪声较低的应用场合
电荷泵 (chargepump)	电荷泵控制方式就是利用电容将电源从输入端送至输出端。电荷泵控制方式的一些特点如下: 1) 电压输出范围有限 2) 驱动多只白光 LED,需要采用并联驱动方式
强制的脉宽调制 (FPWM)	强制的脉宽调制是一种无论输出负载怎样变化,总是以一种固定频率工作的一种控制方式。FPWM 驱动 LED 属于恒流驱动方式控制 LED
数字脉宽调制 (DigitalPWM)	数字脉宽调制是通过独立数字控制环路与相位采用数字化管理,实现对 DC/DC 负载点电源转换进行监测、控制、管理,达到稳定电源的目的 数字脉宽调制控制方式的一些特点如下: 1) 不需要电解电容作为储能、滤波用 2) 受电路增益限制 3) 数字脉宽调制适用于大电流应用场所

【问 39】 调光技术有哪几种类型？

【答】 调光技术有 PWM 调光、模拟调光、逻辑调光、数字调光。它们的特点见表2-16。

表 2-16 调光技术

名称	说 明
PWM 调光	PWM 调光就是采用数字脉冲，反复开关 LED 驱动器，从而达到调节 LED 亮度的目的。PWM 提供的数字脉冲只需要提供任意占空比脉冲，即可简单地实现改变输出电流，达到调节 LED 亮度的目的。一般 LED 驱动器的输出电流正比于 PWM 信号的占空比 目前，PWM 调光控制，可以在一些 LED 驱动集成电路的 EN 端引入 PWM 脉冲信号，达到调光目的 PWM 调光的特点如下： 1) 应用简单 2) 效率高 3) 容易使 LED 驱动器产生噪声，因此，避免使用 20kHz 以下低频段 PWM 信号 4) 调节白光 LED 时，能提供高质量的白光 5) 多数 LED 驱动器支持 PWM 调光，因此，选择 LED 驱动器根据需求来确定
逻辑调光	在需要分几个档次来调整 LED 的电流情况下，可以选择采用逻辑信号来实现调光。图例如下图所示：  下图是采用双路调节，主要通过 VF、R 与 R_{SENS} 的并联关系，达到调节 LED 的电流的目的。VF1、VF2 处于不同的状态，LED 的电流不同，具体见下表 

(续)

名称	说 明		
逻辑调光	VF1	VF2	LED 电流值
	OFF	OFF	$\frac{325}{R_{\text{SENS}}}$
	ON	OFF	$325 \times \frac{R_{\text{SENS}} + R_1}{R_{\text{SENS}} \times R_1}$
	OFF	ON	$325 \times \frac{R_{\text{SENS}} - R_2}{R_{\text{SENS}} \times R_2}$
	ON	ON	$325 \times \frac{R_{\text{SENS}} \times R_1 + R_{\text{SENS}} \times R_2 + R_1 \times R_2}{R_{\text{SENS}} \times R_1 \times R_2}$
表中, 325 单位为 mV; R_{SENS} 、 R_1 、 R_2 单位均为 Ω			
模拟调光	模拟调光就是通过改变 R_{S} 电阻值, 达到改变流过 LED 的电流, 从而改变 LED 的亮度的目的。模拟调光的一些特点如下:		
	1) 需要采用模拟控制信号模拟调光		
	2) 可以避免由于调光时产生噪声的现象		
	3) 模拟调光时, LED 驱动器始终处于工作模式		
	4) 增大系统的能耗, 使用率一般不高		
	5) 调光时, 发光质量会变化		
	6) 为确保人的肉眼看不到 PWM 脉冲的闪烁, PWM 信号的频率必须高于 100Hz		
	7) 最大 PWM 频率取决于电源启动与响应时间		
	8) 通过向 LED 施加 50% 的最大电流可实现 50% 的亮度		
	9) 有时会出现 LED 颜色偏移		
10) 模拟式调亮会改变 LED 发光的光谱, 改变色温			
数字调光	目前支持数字调光的 LED 驱动集成电路, 一般是通过相应的数字接口来实现的。常见的数字接口有 I ² C、SMB、单线式数字接口。例如 LED 驱动集成电路 TPS6106X 就支持数字调光		

【问 40】 降压式 PWM LED 驱动集成电路的应用特点是怎样的?

【答】 PWM 控制方式开关电源可以作为 LED 驱动电路。PWM LED 驱动应用系统主要由输入整流滤波电路、输出整流滤波电路、PWM 稳压控制电路、开关能量转换电路、LED 电路组成。

下面以 PT4107 为主线进行介绍 PWM LED 驱动应用系统的特点。PT4107 是高压、降压式 PWM LED 驱动控制器。PT4107 的引脚功能如图 2-15 所示, 内部电路如图 2-16 所示。PT4107 的 SOP-8 与 DIP-8 封装引脚功能分布是一样的。PT4107 可以实现 LED 日光灯、大功率 LED 驱动解决方案, 可以驱动 1~30W 的 T8 LED 日光灯管。

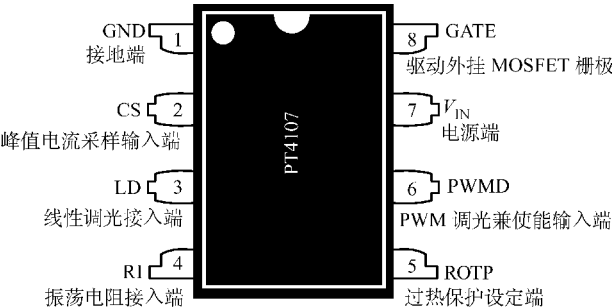


图 2-15 PT4107 的引脚功能

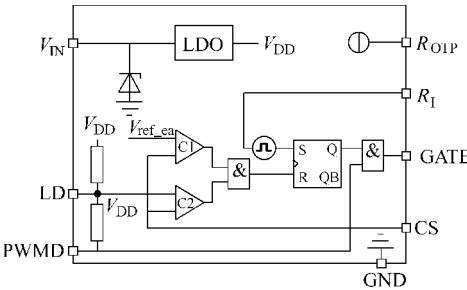


图 2-16 PT4107 内部电路

PT4107 LED 驱动电路典型应用电路如图 2-17 所示，一些主要元件选择技巧如下：

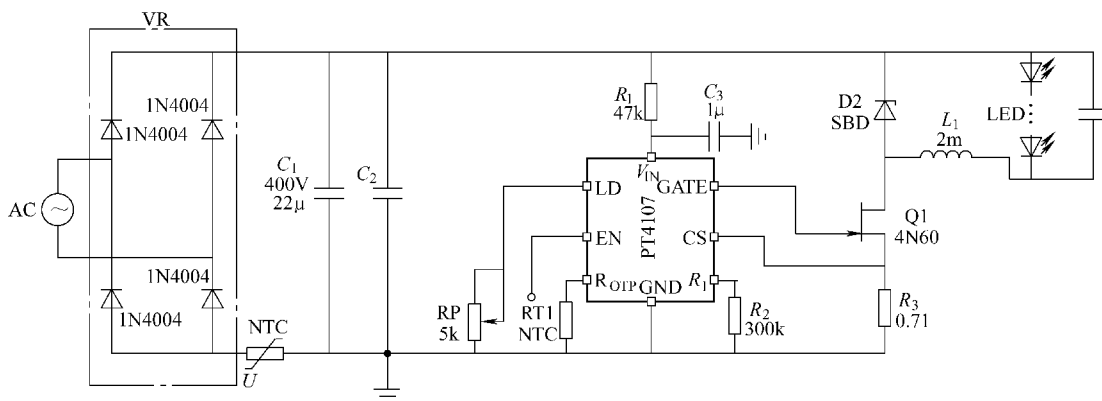


图 2-17 PT4107 LED 驱动电路典型应用电路

1) 输入整流：输入整流可以采用分离件组成的整流电路，也可以采用整流桥。输入整流桥的额定电压可以根据交流输入电压的最大值来选择，额定电流可以根据系统正常工作时的输入平均电流来选择。

实际应用电路，整流桥一般需要给予 1.5 系数的安全余量。整流桥参数估计公式如下：

$$V_{\text{整流桥}} = 1.5 (\sqrt{2} V_{\text{max, AC}})$$

$$I_{\text{整流桥}} = \frac{V_{O, \text{max}} I_{O, \text{max}}}{V_{\text{min, DC}} \eta}$$

式中， $V_{\text{max, AC}}$ 表示为交流输入电压的最大值。

2) 整流后的压敏电阻：压敏电阻可以限制输入冲击电流的影响。压敏电阻参数的选择主要根据输入电压、冲击电流来选择。压敏电阻的额定电阻的选择可以根据下面公式估算，即

$$R_{\text{压敏电阻}} = \frac{V_{\text{整流桥}}}{5 I_{\text{整流桥}}}$$

注：由于采用压敏电阻，对其前端的整流桥来说更需要选择高额定级的整流桥器件。

3) 输入滤波电容：输入滤波电容往往在 AC/DC 后进入 PT4107 为核心的周边电路前端。输入滤波电容的选择受到整流、输入电压的影响。可以设计单输入滤波电容，也可以选择双输入滤波电容。

另外，还要注意输入滤波电容还受到开关频率的影响，开关频率越高，一般而言选择输入滤波电容的体积更小。输入滤波电容还要注意其在充放电的过程中能够保证后端电路需要的工作能量。总之，输入滤波电容用来保持输入电压的稳定性以及平滑性。

输入滤波电容参数的选择如下。

容量：根据 $C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2R_L}$ 来选择。式中， R_L 为负载、 T 为周期、 C 单位为 F。

电容耐压：根据 $V_C \geq (1.5 \sim 2) V_2$ 来选择。式中， V_2 为整流变压器二次电压，即整流器

输入端电压。电容耐压 V_C 单位为 V。

输入滤波电容也可以采用电解电容 + 高频电容。鉴于电解电容不能吸收高频纹波，因此，采用一个高频瓷片电容并联，达到高频纹波的吸收。高频瓷片电容容量选择可以参考下式，即

$$C_{\text{高频电容}} = \frac{0.25I_{O,\max}}{f_s \times (0.05V_{\min,\text{DC}})}$$

式中， $I_{O,\max}$ 为电路输出到 LED 的最大电流； $V_{\min,\text{DC}}$ 为整流输出的最小电压； f_s 为振荡频率。电容的耐压值必须大于输入的峰值电压。

某些 LED 驱动电路应用的电压源在开关的瞬间可能会产生高频尖峰脉冲，因此，输入端采用电阻 R + 电容 C 结构以提供保护，如图 2-18 所示。该保护在电池供电的应用中一般不需要采用。

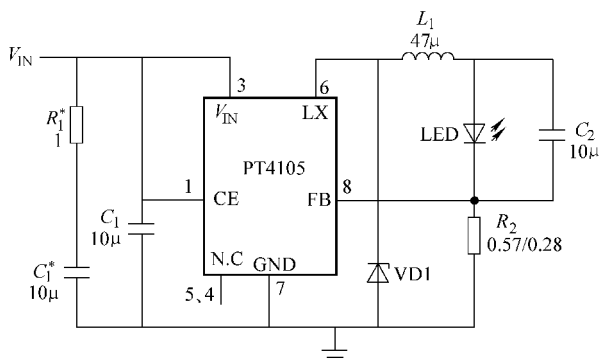


图 2-18 输入端采用电阻 R + 电容 C 结构

如果电源稳定而且距离比较近，即使没有输入滤波电容，DC/DC 电路也可以输出低噪声的电流电压。如果电源离 DC/DC 电路距离较远，一般还是要在输入端加上输入滤波电容，以便减小输出噪声。

4) 电源引入电路：PT4107 的 7 脚 V_{IN} 外接限流电阻与保持电容，是基本外围电路。限流电阻的选择需要根据 PT4107 芯片的工作电流与芯片驱动的 MOS 管所需的电流之和来选择。PT4107 的 7 脚输入最大电流是 10mA。

该处的保持电容有时也称为输入电容，其可以选择电解电容。输入电容在功率管导通的时候提供脉冲电流，功率管截止的时候电源对电容充电，从而保持输入电压的稳定性。布板时输入电容尽可能离电源输入脚近一些。

另外，有的 LED 驱动集成电路的电源端采用稳压二极管形式，如图 2-19 所示。该应用中的稳压二极管稳压值的选择要确保能驱动 LED 芯片外的场效应晶体管，并且其电压大小要符合 LED 驱动集成电路电源端的要求。

5) 开关频率与外接振荡电阻：对于 AC220V 的交流输入，可以考虑 50KHz 的振荡频

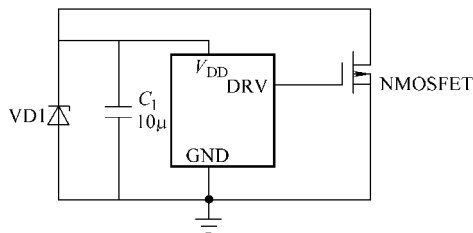
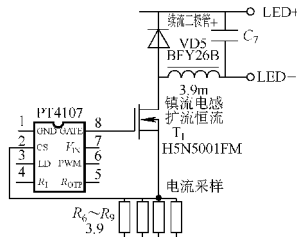
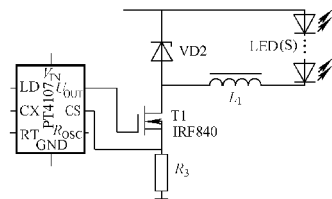
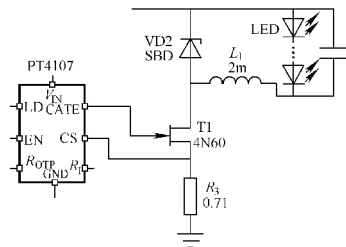


图 2-19 电源端采用稳压二极管形式

$$R = \frac{25000}{f}$$

另外，PT4107 的 4 脚外接振荡电阻可以根据以下来选择：

$$R_I = 300\text{k}\Omega \quad f_{\text{osc}} = 80 \sim 100\text{kHz}$$



$$L_1 = \frac{V_{O,\max} \left(1 - \frac{V_{O,\max}}{\sqrt{2} V_{AC,\text{nom}}} \right)}{0.2 I_{O,\max} f_s}$$

电感值 $L \geq 10^{-6} \times (V_{\text{IN}} - V_{\text{LED}}) / (0.5I_{\text{LED}})$

选择的电感不同可以影响转换效率、影响输出的纹波等。如果电感选择过小,会造成电感上的电流纹波过大,从而造成通过肖特基二极管、芯片中的功率管的最大电流过大。因

调节电阻,当然,这样效率会降低、电流会失配。

另外,有的 LED 驱动集成电路的 LED 电流检测是通过高端电流检测电阻、电流镜映射后形成对地的电压信号,该电压信号的高低即可表示 LED 电流的大小。然后把该电压信号送到 LED 驱动集成电路的电流检测端对 LED 电流进行调制控制,如图 2-24 所示。电流检测电阻的选择可以根据其两端电压与 LED 电流来选择,而且实际中电流检测电压为 0.35 ~ 0.5V 比较好。

如果没有输出电流调节端,有的电路可以通过调节采样电阻阻值来实现输出电流大小的调节。

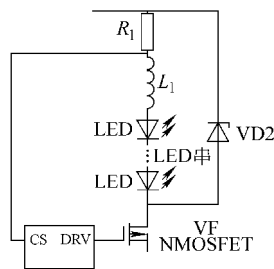


图 2-24 LED 电流检测电路

10) 热敏电阻:热敏电阻的选择根据系统的温度保护点来选择。集成电路提供电流经过热敏电阻形成的压降作为保护点。

11) 输出电容:在 LED 两端并联一个输出电容可以减小输出电压纹波,也就可以减小 LED 的纹波电流,并且输出电容越大,LED 上的电流纹波越小。该电容减小 LED 上电压上升的速率,会增加启动时间。为了减小输出的纹波,需要选择输出电容值比较大的电容。但是,如果输出电容过大,则会使系统反应时间过慢。如果负载较小,可以使用较小的电容。

可以选择陶瓷电容作为驱动器的输出电容。但是,由于陶瓷电容具有压电特性,因此,当一个低频电压纹波信号作用于输出电容,电容可能会发出吱吱的蜂鸣声。因此,采用 PWM 调光时,需要注意 PWM 频率。

输出电容也可以选择 ESR 低的钽电容或者多个电容并联使用。

PT4107 LED 驱动集成应用电路的一些变通:

1) 整流前增设电路

抗浪涌电路——输入整流前加抗浪涌的热敏电阻,增强电路的保护作用与稳定性能。

短路保护电路——熔断器的采用。

EMI 滤波电路——增加整个电路的抗 EMI 作用、抑制辐射干扰。

2) 滤波后增设 PFC 电路以及稳压电路。

3) PT4107 的 3 脚可以采用固定电阻 + 电位器形式,以便进行微调。

一些降压式 LED 驱动集成电路的最小关断时间可通过其内部电路与外接电阻、电容来实现。例如输入:2.5 ~ 450V、20mA ~ 2A 可调 LED 恒流驱动、开关频率可高至 2MHz 开关型 LED 驱动器 QX9910 就具有关断时间设置,该功能相关电路如图 2-25 所示。

TOFF 脚开路悬空,典型的 T_{OFF} 周期是 $T_{OFF} = 612\text{ns}$ 。 R_{OFF} 越大 T_{OFF} 越小, C_{OFF} 越大 T_{OFF} 越大。

关断定时时间 T_{OFF} 与 R_{OFF} 和 C_{OFF} 和关系如下:

$$T_{OFF} = 0.51 \frac{100R_{OFF}}{R_{OFF} + 100} (C_{OFF} + 12)$$

【问 41】 升压类 LED 驱动集成电路是怎样的?

【答】 PWM LED 驱动集成电路有一类是升压恒流驱动 LED 驱动集成电路。例如, BL8508 就是 SOT23 - 5 封装升压恒流驱动白光 LED 驱动集成电路。该集成电路也内置了开

关管, 并且 SW 开关端到外接的电感以及肖特基二极管的正端的距离应尽量短, FB 电流检测反馈端外接的 LED 负端、电阻与该引脚的线长度应尽量短。BL8508 典型应用电路如图 2-26 所示。

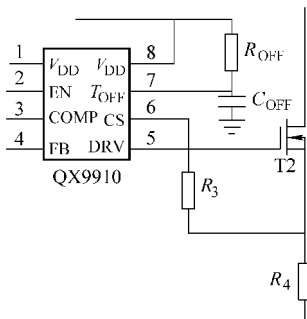


图 2-25 关断时间设置电路

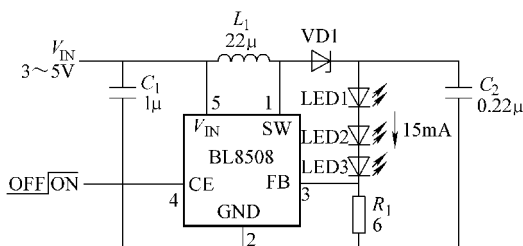


图 2-26 BL8508 典型应用电路

BL8508 一些引脚功能详解如下:

SW——为内置 NMOS FET 的漏极端, 应用电路中接功率电感以及肖特基二极管的正端、输出整流器的连接端。

FB——电流检测反馈端, 该引脚接 LED 负端与反馈电阻。该脚外接电路, 也可以实现对 LED 亮度的 PWM 信号控制或者可变 DC 电压控制。

CE 或者 EN——芯片使能端, 高电平有效, 低电平, 停止。在输入电压为 3V 时, 该脚的外加电压大于 1.5V 时, 集成电路工作; 该脚的外加电压小于 0.8V 时, 芯片进入待机状态。不使用时, 可以将该端连接到输入电源引脚即可自动启动。该引脚不可以浮空不用。

如果在该端加入 PWM 信号, 则可以实现 PWM 信号对 LED 亮度的控制。

V_{IN} ——电源端, 注意最高、最低工作输入电压以及必需的局部旁路。

恒流 LED 驱动器简单的过电压保护方法就是采用齐纳二极管与 LED 并联, 利用将输出电压限制到齐纳击穿电压与电源的参考电压来实现过电压保护。推荐的过电压保护方法就是监控输出电压并在达到过电压分界点时关闭电源。

有的升压恒流驱动 LED 集成电路还具有 OV 过电压保护端: 通过测量输出电压来实现开路保护。例如 PT4101 就是如此, 其典型应用如图 2-27 所示。

PT4101 典型应用电路一些元件详解如下:

电感 L_1 ——电感值对最大输出电流、效率有很大的影响, 对电感 L_1 的选择需要考虑尺寸、转换效率、自身损耗、串联电阻值 (DCR)、寄生参数等。

输入电容 C_1 ——可以选择贴片电容、陶瓷电容, 可以选择 X5R、X7R 电容。

输出电容 C_2 ——可以选择贴片电容、陶瓷电容, 可以选择 X5R、X7R 电容。当输出电流稳定性要求比较高时, 则输出电容容量的选择需要增大。

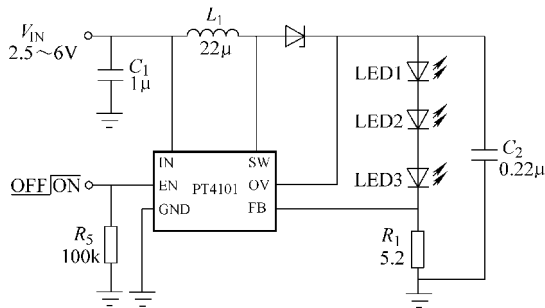


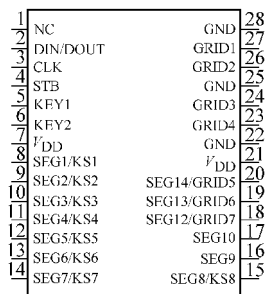
图 2-27 PT4101 典型应用电路

反馈电阻 R_1 ——LED 电流可以通过反馈电阻 R_1 来调节。LED 电流 = FB 端恒定反馈电压/ R_1 。

【问 42】 数字控制 LED 驱动器的特点是怎样的？

【答】 下面以 AM1628 为例来介绍数字控制 LED 驱动器的特点。

AM1628 为带键盘扫描接口、内置集成有 MCU 数字接口、数据锁存器、LED 高压驱动等电路的 LED 驱动集成电路。主要应用于 VCR、VCD、DVD、家庭影院等产品的显示屏驱动。其采用 SOP28 封装。具有多种显示模式（10 段 × 7 位 ~ 13 段 × 4 位）、内置 RC 振荡 450（1 ± 5%）kHz、内置上电复位电路等特点。AM1628 引脚分布如图 2-28 所示。



AM1628 引脚功能如下：

- 1 脚 NC 为空脚端——必须浮空
- 2 脚 DIN 为数据输入端——在时钟上升沿输入串行数据，一般是从低位开始。
- 2 脚 DOUT 为数据输出端——在时钟下降沿输出串行数据，一般是从低位开始。
- 3 脚 CLK 为时钟输入端——在上升沿读取串行数据，下降沿输出数据。
- 4 脚 STB 为片选端——在上升或下降沿初始化串行接口，随后等待接收指令。
- 5、6 脚 KEY1、KEY2 为键扫数据输入端——输入该脚的数据在显示周期结束后被锁存。
- 8 ~ 15 脚、16 脚、17 脚 SEG1/KS1 ~ SEG8/KS8、SEG9 ~ SEG10 为输出（段）端——段输出。
- 18 ~ 20 脚 SEG12/GRID7 ~ SEG14/GRID5 为输出（段/位）端——段/位复用输出。
- 21 脚 V_{DD} 为逻辑电源端。
- 22 脚 V_{GND} 为逻辑地端。
- 27 脚、26 脚、24 脚、23 脚 GRID1 ~ GRID4 为输出（位）端——位输出。

【问 43】 电荷泵 LED 驱动集成电路的特点是怎样的？

【答】 LED 供电电源的目标是提供一个足够高的输出电压，并且在并联连接的 LED 上加载同样的电流。

电荷泵的应用主要是其可以提高输入电压，新型的电荷泵不但可以使输入电压倍压，而且可以达到高效率的作用。

MAX1912 就是一款带有电流控制的电荷泵 LED 驱动集成电路。MAX1912 引脚分布如图 2-29 所示、典型应用电路如图 2-30 所示。

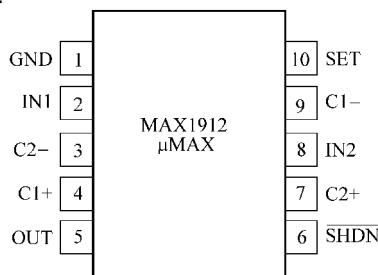


图 2-29 MAX1912 引脚分布

【问 44】 隔离 LED 驱动电路的特点是怎样的？

【答】 隔离 LED 驱动电路主要用于在交流电网输入条件下的 LED 驱动。因为，LED 需要低压直流电源驱动，因此需要 AC/DC 转换器将交流电压转变成低压直流电去控制 LED 的电流恒定。从安全考虑，一般需要采用变压器把输入与输出隔离。如图 2-31 所示就是采用 AP3706 实现的隔离 LED 驱动电路。

例如, SD42351 稳流单 LED 驱动集成电路就是通过内部的取样电阻取样稳流器的输出电流后转化为电压信号, 再与基准电压进行比较, 后由误差放大器放大, 作为调整元件的控制信号, 进而调整输出电流的大小, 电路如图 2-32 所示。不过, 也要考虑稳流单 LED 驱动集成电路输出电流的参数特点: 输出电流 I_{OUT} 在测试条件 $3V \leq V_{IN} \leq 6V$ 下为 $320 \sim 350mA$, 因此, LED 选择的灵活性也是相对的。

【问 46】 怎样为便携设备背光或闪光应用选择 LED 驱动器?

【答】 为便携设备背光或闪光应用选择 LED 驱动器需要注意以下一些事项:

- 1) 能够延长电池使用时间、减小印制电路板 (PCB) 面积及厚度的 LED 驱动方案。因此, 优先选择具有高能效与低待机电流的 LED 驱动器。
- 2) 常见 LED 驱动器方案有线性、电感型、电荷泵型不同拓扑, 根据它们的特点与实际需要来综合考虑。
 - 电感型——总能效优。
 - 电荷泵型——需要使用陶瓷电容, 占用的电路板面积和高度极小。
 - 线性——适合色彩指示器以及简单的背光应用。
- 其中, 电荷泵型驱动方案也要根据实际情况来选择具体的细分方案, 例如单模、双模、三模、四模等电荷泵型方案。
- 3) 推荐选择的 LED 驱动器封装尺寸尽量选择小型的以及所需外围无源元件少的 LED 驱动器。
- 4) 高分辨率的相机为了在弱光下拍得高分辨率的照片, 因此, 需要选择高亮度的闪光。目前, 一些白光 LED 能够提供这个等级的光能。
- 5) 500 万像素或更高分辨率的相机闪光一般需要比电池能提供的能量高出近 400%。
- 6) 便携电子产品如果采用较大的 LCD 以及 LED 照明, 则可能需要选择数个 LED 驱动器。
- 7) 根据应用系统特点, 采用可以用指令控制的 LED 驱动器, 以减少系统的复杂性。
- 8) 对于便携设备, 还得针对采用的电池特点来选择 LED 驱动器。例如采用扣式电池, 则 LED 驱动器不仅要具有管理背光的功能, 还要有监测电池电量等功能。

【问 47】 怎样选择升压与降压型恒流源?

【答】 升压与降压型恒流源的选择如下:

- 1) 在交流市电供电的应用考虑效率, 可以选择降压型恒流源。
- 2) 在由太阳或电池板供电的情况中, 考虑其输出电压较低 ($12V$ 或 $24V$), 可以考虑选择升压型的恒流源。
- 3) 升压型或降压型其效率主要取决于升压和/或降压的比值, 比值越高, 效率越低。
- 4) 一般而言, 降压型恒流源的效率比升压型的效率要高。

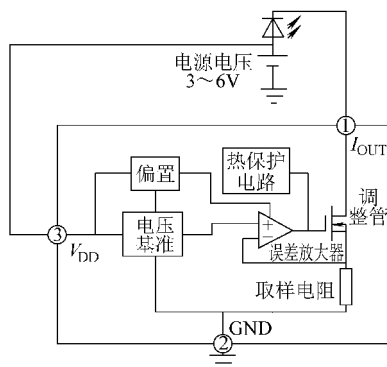


图 2-32 稳流单 LED 驱动集成电路的应用电路

【问 48】 LED 点阵驱动有什么特点？

【答】 LED 点阵显示方式有静态、横向滚动、垂直滚动、翻页显示等。LED 点阵驱动一般采用动态扫描驱动，并且采用峰值较大的窄脉冲驱动从上到下逐次不断地对显示器的各行 LED 进行选通，同时又向各列送出表示图形或文字信息的脉冲信号，这样反复循环以上操作，就可显示各种图形或文字信息。

LED 点阵驱动可以选择专用的 LED 点阵驱动器。如图 2-33 所示就是 LED 点阵驱动的表意框图。

【问 49】 怎样选择限流电阻？

【答】 在 LED 应用电路中，为了能够有效控制电路中的电流（主要是控制 LED 的电流），使电压平滑，并使各并联支路的亮度更均匀，一般在电路中设计了适当的限流电阻。

限流电阻的阻值 $R = (\text{输入电压} - V_{\text{LED}} \text{总电压}) / I$ (流过限流电阻的电流)

限流电阻阻值大效果较好，但是限流电阻的取值也不能太大，以免增加电能的损耗，以及使 LED 温度升高。

【问 50】 LED 驱动集成电路 PCB 布板时需要考虑的注意事项有哪些？

【答】 PCB 布板需要考虑的一些方面如下：

- 1) 开关信号的上升与下降时间要尽可能短，因此尽量降低开关稳压器的寄生电容。
- 2) 为了避免电磁干扰（EMI）问题，连接到 LED 驱动集成电路的 SW 端的连线应尽可能短，面积应尽可能小。
- 3) 在开关稳压管的下面尽量放置接地平面，以降低层间耦合。
- 4) 反馈电阻的接地端要直接单独连接到地，不要与任何其他元器件共接。
- 5) 在 LED 驱动集成电路的一些引脚上存在上、下寄生二极管，在使用中不可令其导通。
- 6) 外围元器件尽量靠近芯片，以使芯片与它们的连线最短。
- 7) 足够的接地与电源连接。
- 8) 反馈端点的敷铜面积要尽可能小，并且要远离干扰源。
- 9) 注意 PCB 散热性能要良好，因此，每个引脚（尤其是 LED 引脚、GND 引脚）的铜层的面积应尽可能大，也可以考虑多放些通孔，以提高散热能力。
- 10) 如果是在接地端与外接电阻端之间连接的电阻，起设定输出电流的作用。则，外接电阻端发生任何的干扰均会导致输出电流不稳定或掺有干扰信号。因此，外接电阻端与相应的相邻端，在 PCB 上布局时，需要在这些脚位处增加一些防护区域或把这些脚位的布线放在不同的 PCB 层来有效地避免干扰信号问题。

【问 51】 LED 驱动集成电路引脚功能是怎样的？

【答】 LED 驱动集成电路引脚功能见表 2-17。

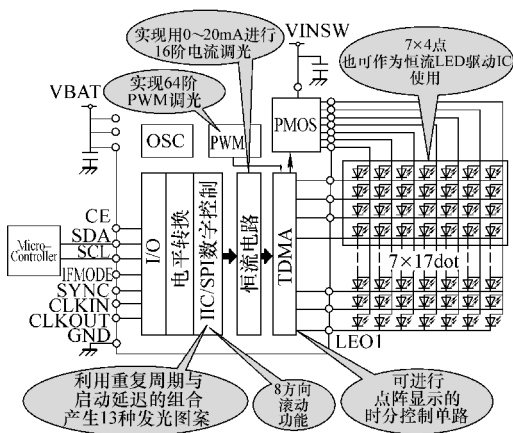


图 2-33 LED 点阵驱动的表意方框图

表 2-17 LED 驱动集成电路引脚功能

符号	名 称	符号	名 称
a、b···、dp	段输出驱动端	LD	线性输入调光端
ADJ	逻辑调光输入端	LED	LED 连接端
BF	LED 闪烁周期控制输入端	LN	峰值阈值的线电压补偿端
BS	自举端	LX	开关输出, LX 是内部 NMOS 管的漏极端、开关引脚端
CE	使能端	MODE	工作模式选择输入端
CKI	时钟信号输入端	NC	没有连接端、悬空脚端、空脚端
CKO	时钟信号输出端	OEN	段输出允许信号端
CLK	时钟输入端	OSC	振荡端
COMP	补偿端	OUT	内部功率开关管的漏极
CS	LED 电流检测输入端	OV	过电压保护端
CSN	电流检测负端	POL	PWM 输出电流极性选择端
CSP	电流检测正端	PWM	PWM 输入调光端, 兼作使能端
DAI	串行数据输入端	R	开机自清零端
DAO	串行数据输出端	R(G、B)OUT	沉入式电流输出端
DIM	辉度控制端、开关使能、模拟和 PWM 调光端	R(G、B)REXT	外挂电阻端
DIN	数据输入端	ROSC	振荡电阻接入端
DOUT	数据输出端	RT	设定芯片工作关断时间端
DRV	栅极驱动输出端	S1	位扫描驱动信号端
EN	芯片使能端	SCP	串行移位脉冲端
Exposed PAD	散热端	SDO	串行输出数据触发模式选择端
FB	电流感应输入端、反馈电压端	Seg/KS	输出(段)端
G	地端	SI	串行输入数据端
GATE	驱动外部 MOSFET 栅极端	SO	串行移位寄存器数据输出端
GND	接地端	STB	片选端
GP	功率地端	STDN	芯片待机控制端
Grid	输出(位)端	STI	串行输入数据锁存端
Ibias	FB 输入偏置电流端	STO	锁存信号输出端
IFB	电流反馈端	SW	功率输出端、开关输出端、电源开关输出端、功率输出端
IMAX	最大电感电流比较器输入端	TOFF	关断时间设置端
IMIN	最小电感电流比较器输入端	V _{CC}	电源端、电源正极输入端、电源输入端、逻辑电源端
IN	输入电源引脚端	V _{DRIVE}	输出驱动电压端
ISSET	LED 电流设置端	V _{IN}	输入电压端、电源输入端
ISNS	电流检测输入端	V _{OUT}	输出电压监测端, 内部电路、供电引脚端
K1	键扫数据输入端	V _{SS}	电源地、逻辑地、芯片地
LCP	移位寄存器的数据锁存到段数据寄存器端	—	—

【问 52】 LED 驱动集成电路参数符号名称是怎样的？

【答】 LED 驱动集成电路参数符号名称见表 2-18。

表 2-18 LED 驱动集成电路参数符号名称

符号	名 称	符号	名 称
$\Delta UVLO$	欠电压锁定迟滞	I_{LKG}	LED 引脚漏电流
$\Delta V_{FB}/\Delta T$	反馈电压温度系数	I_{LX}	开关管合闸电流
C_I	输入电容	I_{LXleak}	开关管漏电流
CS - HYS	电流检测阈值电压迟滞	I_{LXmean}	MOS 管连续电流
D_{max}	最大占空比、最大脉宽	I_{MODE}	MODE 管脚输入电流
D_{min}	最小占空比	I_{noload}	不带负载功耗
D_W	最大振荡占空比	I_{O1}	LED Seg 驱动输出电流
f_{ADJ}	最大 ADJ 调光频率	I_{O2}	LED Grid 驱动输出电流
F_{CKI}	输入时钟频率	I_{off}	关断电流、工作电流（关断时）、静态输入电流（输出关断）
F_{DCK}	输入时钟频率	I_{OH}	高电平输出电流
F_{GCK}	输入 PWM 频率	I_{OL}	低电平输出电流
F_{max}	最大时钟频率	I_{OM}	最大输出驱动能力
f_{OSC}	振荡频率	I_{OP}	静态输入电流（输出开关）
F_{SW}	开关频率、最高开关频率	I_{OUT}	输出电流
HYSUV	欠电压保护迟滞	I_Q	静态工作电流
I_{ADJ_H}	ADJ 端高漏电流	I_{Q1}	工作电流
I_{ADJ_L}	ADJ 端低漏电流	I_{Q2}	关断电流
I_{CS}	CS 引脚输入电流	I_{sby}	工作电流（静态）
I_{CSN}	电流检测比较器输入电流	I_{SS}	工作电流
I_{DD}	工作电流	I_{SWOFF}	SW 截止电流
I_{DDdyn}	动态电流损耗	I_{tolsg}	高电平输出电流允许量
I_{DDQ}	待机电流	I_{VDD}	静态工作电流
I_{dout}	低电平输出电流	Maxdty	占空比
I_{GND}	接地端电流	P_D	功率损耗
I_I	输入电流	P_{DDIP}	DIP 封装耗散功率
I_{IN}	工作电流	P_{DSOP}	SOP 封装耗散功率
I_{in}	工作电流（动态）	P_{max}	持续消耗功率
I_{SNS}	ISNS 端输入电流	P_{TR}	封装热阻
I_L	漏电流	P_{WCLK}	时钟脉冲宽度
I_{leak}	漏电流	P_{WSTB}	选通脉冲宽度
I_{LEAK}	SW 漏电流、MOS 管漏电流	$R_{DS(ON)}$	开关导通电阻
I_{LED}	LED 引脚流入电流	R_{en}	PWM 引脚内置下拉电阻
I_{LIM}	电流限制、限流、SW 限流	R_L	输出下拉电阻

(续)

符号	名 称	符号	名 称
R_{LX}	MOS 管导通电阻	T_{TZH}	上升时间
R_{ON}	SW 导通电阻	t_{wCLK}	时钟 (CKI) 脉冲宽度
R_{ONH}	开关管导通电阻	t_{wSTI}	锁存 (STI) 脉冲宽度
$R_{th(j-a)}$	热阻值	t_{WAIT}	等待时间
t_{delay}	CS 引脚到 GATE 引脚延迟时间	V_{ADJ_DC}	直流亮度控制
t_{fall}	GATE 引脚下降时间	V_{ADJ_H}	ADJ 输入电平高
t_{rise}	GATE 引脚上升时间	V_{ADJ_L}	ADJ 输入电平低
T_{amb}	工作环境温度	V_{BS}	自举电压
T_{blank}	电压反馈死区时间	V_{CEH}	CE 端高电平电压、CE 为 “H” 时的输入电压
t_{DPDH}	输出高电平的传输延迟	V_{CEL}	CE 端低电平电压、CE 为 “L” 时的输入电压
t_{DPDL}	输出低电平的传输延迟	V_{COMP}	补偿端电压、COMP 端钳位电压
t_f	下降时间	V_{CS}	电压反馈端电压
t_F	SW 下降时间	V_{CS_H}	CS 引脚输入高电压
T_{FALL}	DRV 脚电压下降时间	V_{DD}	工作电压、逻辑电源电压
T_H	过热保护迟滞	$V_{DD(max)}$	最高工作电压
t_{HOLD}	数据保持时间	$V_{DD(min)}$	最低工作电压
T_{hyst}	热关断迟滞温度	$V_{DDCLAMP}$	VDD 钳位电压
T_j	结温	V_{DDOFF}	VDD 截止电压
$T_{j(sd)}$	热关断温度	V_{DDON}	VDD 导通电压
T_L	引脚温度	V_{DROP}	LED 引脚电压差
t_{OFF0}	关断时间 (TOFF 脚悬空)	$V_{dropout}$	漏失电压
T_{OPR}	工作温度	V_{en_h}	PWM 引脚输入高电压
T_{OPT}	工作温度范围、工作温度	V_{en_l}	PWM 引脚输入低电压
T_{OTP}	过温保护温度	V_{ENH}	EN 引脚逻辑高电平
t_p	传输延迟时间	V_{ENL}	EN 引脚逻辑低电平
t_r	上升时间	V_{ESD}	ESD 抗静电电压
t_R	SW 上升时间	V_{FB}	反馈电压
T_{RISE}	DRV 脚电压上升时间	V_{FBC}	FB 环路开路钳位电压
TSD	热关断	$V_{FB} - V_{LED}$	采样电压阈值
t_{SETUP}	数据建立时间	V_{gate}	驱动外部 MOS 管栅极电压
T_{solder}	引脚焊接温度	V_{gate_h}	GATE 引脚输出高电压
t_{SS}	软启动时间	V_{gate_l}	GATE 引脚输出低电压
T_{STG}	贮藏温度、存储温度范围	V_H	EN 高电平电压、滞后电压
t_{THZ}	下降时间	V_{hold}	保持电压

(续)

符号	名 称	符号	名 称
V_{HYS}	EN 迟滞	V_{min}	最低工作电压
V_{II}	逻辑输入电压	V_{OM}	最大输出电压（无负载输出）
V_{IFB}	反馈电压	V_{OV}	输出开路保护阈值
V_{IH}	最低输入高电平	V_{PWM}	脉宽调制端控制电压
V_{IL}	最高输入低电平、低电平输入电压	V_{SNLO}	检测电压低端
V_{IN}	输入电压	V_{SNSHI}	检测电压高端
V_{IO}	其他 I/O 脚电压	V_{start}	启动电压
V_{ISET}	ISET 电压	V_{SW}	开关电压、电源开关输出电压
V_{ISNS}	平均电流采样阈值电压	V_{UVLO}	欠电压保护
$V_{\text{ISNS\_hys}}$	采样阈值迟滞	$V_{\text{UVLO, HYS}}$	欠电压保护滞回值
V_{L}	EN 低电平电压	Z_{FB}	FB 偏流
V_{ld}	线性调压端控制电压、线性调光引脚输入电压	η	效率
V_{LED}	LED 端电压	θ_{JA}	管芯到环境空气热阻
V_{max}	最高工作电压	θ_{JC}	管芯到管壳热阻

【问 53】贴片 LED 驱动集成电路型号代码速查是怎样的？

【答】目前，一些中、小屏幕的背光、照明、指示 LED 驱动采用了 SOT343、SC75、SOT143、SC74 等微小化贴片 LED 驱动集成电路。同时，一些 PLCC（Plastic Leaded Chip Carrier，带引线的塑料芯片载体）封装的 LED 驱动集成电路其标志与其型号书写也可能存在差异。因此，在维修贴片 LED 驱动集成电路时，有时候因 SOT343、SC75 等贴片 LED 驱动集成电路采用代码印字，因此，需要查找对应相应具体的集成电路。

一些贴片 LED 驱动集成电路型号代码速查见表 2-19。

表 2-19 一些贴片 LED 驱动集成电路型号代码速查

代码	型 号	代码	型 号
351E	SD42351NE	I LOG	LM2794BLX
B47	TB62737FPG	I LOG	LM2794TL
B48	TB62755FPG	I LOG	LM2794TLX
BZQ	TPS61160DRV	I LOJ	LM2795BL
BZR	TPS61161DRV	I LOJ	LM2795BLX
D31	LM3508TL	I LOJ	LM2795TL
D31	LM3508TLX	I LOJ	LM2795TLX
D52B	LM3519MK - 20	L1s	BCR401U
D52B	LM3519MKX - 20	L2759	LM2759SDX
I LOG	LM2794BL	2s	BCR402U

(续)

代码	型 号	代码	型 号
L3509	LM3509SD	AAG	NSI45030ZT1G
L3509	LM3509SDX	AAE	NSI45025ZT1G
L3551SD	LM3551SD	LDMQ	LT3756EUD
L3551SD	LM3551SDX	LDMR	LT3756EUD
L3552SD	LM3552SD	351E	SD42351NE
L3552SD	LM3552SDX	19	LM3501TL - 16
L5s	BCR405U	19	LM3501TLX - 16
<u>M</u>	TB62736FUG	30	BCR320U
<u>N</u>	TB62737FUG	30	LM3501TL - 21
<u>P</u>	TB62752BFUG	30	LM3501TLX - 21
<u>S</u>	TB62757FUG	31	BCR321U
S18	LM3500TL - 16	40	BCR420U
S18	LM3500TLX - 16	41	BCR421U
S23	LM3500TL - 21	42	TLE4240 - 2M
S23	LM3500TLX - 21	43	TLE4240 - 3M
S28B	LM2704MF - ADJ	50s	BCR450
S28B	LM2704MFX - ADJ	351A	SD42351NA
S48B	LM2703MF - ADJ	351B	SD42351NB
S48B	LM2703MFX - ADJ	351C	SD42351NC
S59B	LM2705MF - ADJ	351D	SD42351ND
S59B	LM2705MFX - ADJ	351G	SD42351NG
SE	LM3528TME	351H	SD42351NH
SE	LM3528TMX	351L	SD42351NL
SLB	LM2791LD - H	351A	SD42351NA
SLB	LM2791LDX - H	351B	SD42351NB
SNB	LM2791LD - L	351C	SD42351NC
SNB	LM2791LDX - L	351D	SD42351ND
<u>W</u>	TB62752AFUG	351G	SD42351NG
W5s	BCR401R	401	KIB3401F
W5s	BCR401W	402	KIB3402F
W6s	BCR402R	403	KAB3403T
W6s	BCR402W	405	KAB3405T
BH	CAT4004B	2758	LM2758
VK	CAT4002B (TSOT23 - 6L)	3756	LT3756EMSE
KL	CAT4003B (TSOT23 - 6L)	3756	LT3756IMSE
VH	CAT4002B (SC70 - 6L)	4001	NUD4001
KL	CAT4003B (SC70 - 6L)	4011	NUD4011
AK	NSI45015WT1G	37561	LT3756EMSE - 1
NSI60D	NSI45060DDT4G	37561	LT3756IMSE - 1
NSI90D	NSI45090DDT4G	37562	LT3756EMSE - 2
AJ	NSI50010YT1G	37562	LT3756IMSE - 2

【问 54】 怎样识读 TB62757FUG 印字信息？

【答】 TB62757FUG 是白光 LED 背光驱动器，具有恒电流、DC/DC 变换器、最大额定值 400mW 输出、2.8 ~ 5.5V 电源电压、支持 2 ~ 6 个 LED 串联、1.1MHz 开关频率等特点，其印字信息的识读如图 2-34 所示。 $\bar{S}$ 表示 TB62757FUG 的代码。

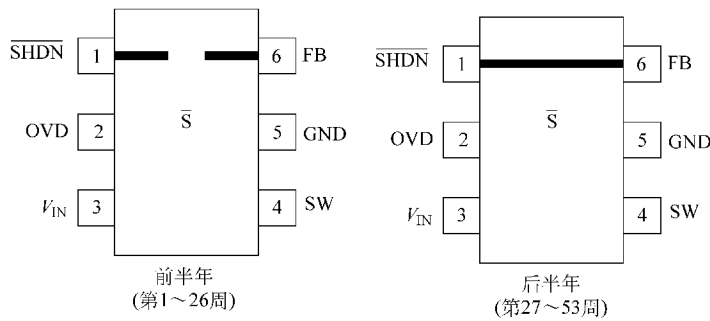


图 2-34 TB62757FUG 印字的识读

【问 55】 怎样识读 KC24AH 系列 PWM 调光 LED 恒流驱动器？

【答】 KC24AH 系列 PWM 调光 LED 恒流驱动器的识读方法见图 2-35。

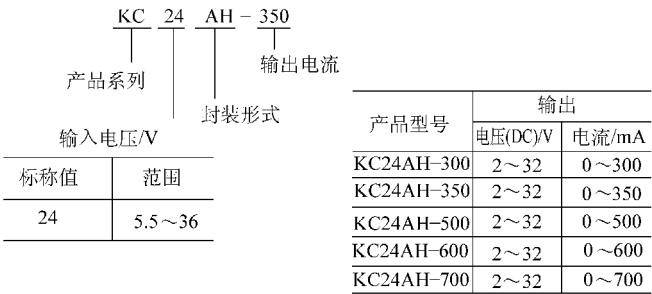


图 2-35 KC24AH 系列 PWM 调光 LED 恒流驱动器的识读方法

【问 56】 怎样识读 AP3127 上的打印信息？

【答】 AP3127 是输入电压为 2.5 ~ 6V、固定频率为 (1MHz ± 20%)、具有恒定电流的升压型 DC/DC 控制器的背光 LED 驱动集成电路，其输出电压最大可以达到 17.5V。AP3127 上的打印信息的识读见图 2-36。

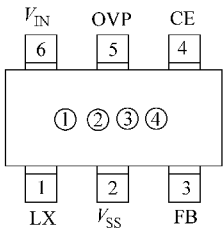


图 2-36 AP3127 的识读

①—该位置处打印信息 Z 代表产品名 AP3127 ②—该位置处代表产品 FB 端电压范围和类型，其中 L 代表产品 FB 端电压范围为 0.20 ~ 0.49V，H 代表产品 FB 端电压范围为 1.20 ~ 1.49V ③—该位置处代表 FB 端电压，具体见表 2-20 ④—该位置处代表生产批号

表 2-20 图 2-36 中③位置处代表 FB 端电压

符号	FB 端输出电压/V		符号	FB 端输出电压/V	
0	0.20	1.20	F	0.35	1.35
1	0.21	1.21	H	0.36	1.36
2	0.22	1.22	K	0.37	1.37
3	0.23	1.23	L	0.38	1.38
4	0.24	1.24	M	0.39	1.39
5	0.25	1.25	N	0.40	1.40
6	0.26	1.26	P	0.41	1.41
7	0.27	1.27	R	0.42	1.42
8	0.28	1.28	S	0.43	1.43
9	0.29	1.29	T	0.44	1.44
A	0.30	1.30	U	0.45	1.45
B	0.31	1.31	V	0.46	1.46
C	0.32	1.32	X	0.47	1.47
D	0.33	1.33	Y	0.48	1.48
E	0.34	1.34	Z	0.49	1.49

【问 57】 如何代换 LED 驱动集成电路？

【答】 一些 LED 驱动集成电路的代换速查见表 2-21。

表 2-21 一些 LED 驱动集成电路的代换速查

型号	代换型号	型号	代换型号
AMC7140	AMC7135 (功能兼容)	SMD802	HV9910B、PT4107、A704、UC3843、OB2263、QX9910、PT870 (兼容)
AMC7150	SMD735	YP6158	ZXSC310
FP6700	HV9910 (类似)	YP6166	AMC711X
HV9910	SMD802	YP6168	Zetex1350、PT4115
HV9910B	HV9910	YP6169	TB62726、MB15026
SA7527	FAN7527 (兼容)	YP6180	ZETEX300、ZETEX310、ZETEX400
SCT2007	MIB6010 (兼容)	YP6181	LT1937、LM27035、RT9271
SD42351	AMC7135、T6335 (兼容)	YP6182	HV9920
SD42509	PT4115、QX5241 (兼容)	YP6183	HV9910
SD42511	PT4115、ZXLD1350 (兼容)	YP6185	AMC7140
SD42522	PT4115、QX5241 (兼容)	YP6187	AMC7150
SD42524	LM3402、ZXLD1360 (兼容)	YP6302	ZXSC380 (兼容)
SD42888	LNK306、ACT35X (兼容)	YP6303	ZXSC400 (兼容)

2.4 应用

【问 58】 旅馆建筑照明的照度标准值是怎样的？

【答】 照度标准值是指工作或生活场所参考平面上的平均照度值。旅馆建筑照明的照度标准值见表 2-22。

表 2-22 旅馆建筑照明的照度标准值

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx	UGR(统一眩光值)	R_a (显色指数)
厨房	台面	200		80
多功能	0.75m 水平面	300	22	80
客房层走廊	地面	50		80
客房床头	0.75m 水平面	150		80
客房卫生间	0.75m 水平面	150		80
客房写字台	台面	300		80
客房一般活动区	0.75m 水平面	75		80
门厅、总服务台	地面	300		80
西餐厅、酒吧间、咖啡厅	0.75m 水平面	100		80
洗衣房	0.75m 水平面	200		80
休息厅	地面	200	22	80
中餐厅	0.75m 水平面	200	22	80

【问 59】 商业建筑照明的照度标准值是怎样的？

【答】 商业建筑照明的照度标准值见表 2-23。

表 2-23 商业建筑照明的照度标准值

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx	UGR	R_a
高档超市营业厅	0.75m 水平面	500	22	80
高档商店营业厅	0.75m 水平面	500	22	80
收款台	台面	500		80
一般超市营业厅	0.75m 餐桌面	300	22	80
一般商店营业厅	0.75m 水平面	300	22	80

【问 60】 公共场所照明的照度标准值是怎样的？

【答】 公共场所照明的照度标准值见表 2-24。

表 2-24 公用场所照明的照度标准值

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx	UGR	R_a
厕所、浴室——高档	地面	150		80
厕所、浴室——普通	地面	75		60
车库——检修间	地面	200	25	60
车库——停车间	地面	75	28	60

(续)

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx	UGR	R_a
储藏室、仓库	地面	100		60
电梯前厅——高档	地面	150		80
电梯前厅——普通	地面	75		60
楼梯、平台——高档	地面	75		80
楼梯、平台——普通	地面	30		60
门厅——高档	地面	200		80
门厅——普通	地面	100		60
休息室	地面	100	22	80
自动扶梯	地面	150		60
走廊、流动区域——高档	地面	100		80
走廊、流动区域——普通	地面	50		60

【问 61】 影院、剧场建筑照明的照度标准值是怎样的？

【答】 影院、剧场建筑照明的照度标准值见表 2-25。

表 2-25 影院、剧场建筑照明的照度标准值

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx		
		低	中	高
门厅	地面	100	150	200
门厅过道	地面	75	100	150
观众厅——影院	0.75m 水平面	30	50	75
观众厅——剧院	0.75m 水平面	50	75	100
观众休息厅——影院	0.75m 水平面	50	75	100
观众休息厅——剧院	0.75m 水平面	75	100	150
贵宾室、服装室、道具间	0.75m 水平面	75	100	150
化妆室——一般区域	0.75m 水平面	75	100	150
化妆室——化妆台	1.1m 高处垂直面	150	200	300
放映室——一般区域	0.75m 水平面	75	100	150
放映室——放映	0.75m 水平面	20	30	50
演员休息室	0.75m 水平面	50	75	100
排演厅	0.75m 水平面	100	150	200
声、光、电控制室	控制台面	100	150	200
美工室、绘景室	0.75m 水平面	150	200	300
售票房	售票台面	100	150	200

【问 62】 住宅建筑照明的照度标准值是怎样的？

【答】 住宅建筑照明的照度标准值见表 2-26。

表 2-26 住宅建筑照明的照度标准值

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值/lx		
		低	中	高
起居室、卧室——一般活动区	0.75m 水平面	20	30	50
起居室、卧室——书写、阅读	0.75m 水平面	150	200	300
起居室、卧室——床头阅读	0.75m 水平面	75	100	150
起居室、卧室——精细作业	0.75m 水平面	200	300	500
餐厅或方厅、厨房	0.75m 水平面	20	30	50
卫生间	0.75m 水平面	10	15	20
楼梯间	地面	5	10	15

【问 63】 LED 在液晶显示屏（LCD）中应用的特点是怎样的？

【答】 LED 在液晶显示屏中的应用一般是采用白色 LED 作为显示器的背光源，如图 2-37所示。不同的液晶显示屏其采用的 LED 个数、连接方式、电气参数有所不同。

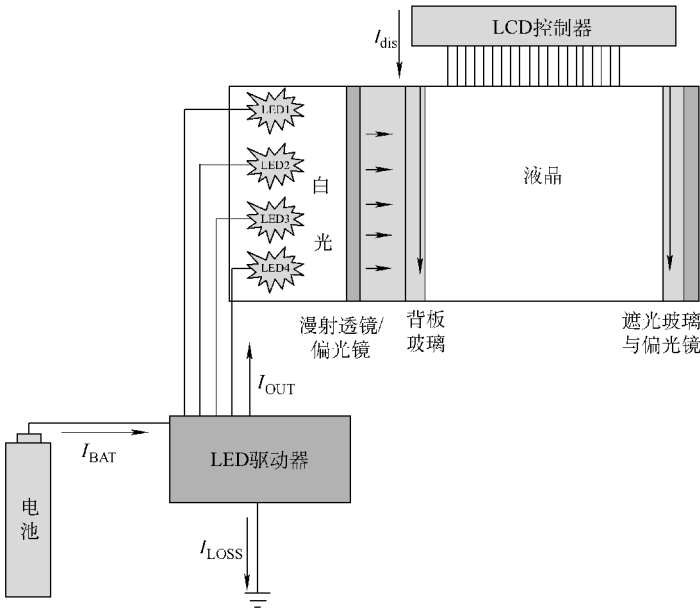


图 2-37 白色 LED 作为 LCD 显示器的背光源

LED 作为液晶显示屏背光源具有的一些优点如下：

- 1) LED 使用的是 5 ~ 24V 的低压电源，不需要高电压。
- 2) LED 背光源有更好的色域。

- 3) LED 背光可以灵活调整发光频率。
- 4) LED 背光亮度均匀性好。
- 5) LED 光源没有任何射线产生，也不含有汞之类的有毒物质。

LCD 显示屏中使用的 LED 驱动器首先要能准确控制以匹配每一个 LED 的亮度，LED 驱动器要能够把电池的输入电压升高，以便保证在电池的整个使用周期内能为 LED 提供足够的驱动电压，从而延长设备的使用时间。

随着显示器尺寸与分辨率的提升，背光 LED 的数量也在不断增加，LED 驱动功率也不断提高。LCD 显示屏中使用的 LED 驱动器一般使用未隔离的升压拓扑结构、具有多只 LED 串/并联要求电流平衡与电流调节等特点。

在 LCD 显示屏背光等应用中，如果采用调光功能，则可以提供亮度及对比度调节。

LED 数量可以根据显示屏的大小选择 1 ~ 96 只 LED。选择 LED 驱动根据实际情况来选择：按照功能备有实现低功耗的调光功能型、符合小型化要求的 LDO（低压差线性稳压器）内置型、减轻软件负荷的 RGB 自动调光型、省空间的 Flash 内置型等 LED 驱动器以及斩波方式、低噪声的电荷泵方式的 LED 驱动器。

液晶显示屏应用中的 LED 主要参数有 V_F 、 I_f 等。例如液晶显示屏型号 UMSH - 8173MD - 3T 电路框图如图 2-38 所示、其背光电路如图 2-39 所示。

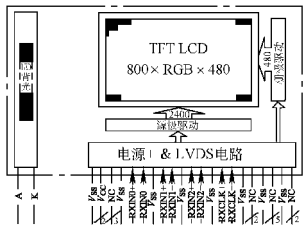


图 2-38 UMSH - 8173MD - 3T 电路框图

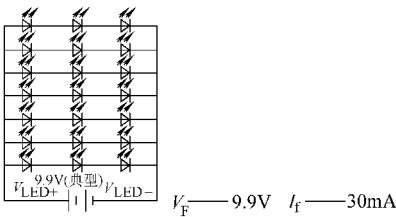


图 2-39 背光电路

【问 64】 LED 液晶电视背光方案的比较是怎样的？

【答】 LED 液晶电视背光方案有直下式 LED 背光、侧光式 LED 背光。LED 液晶电视背光方案的比较见表 2-27。

表 2-27 LED 液晶电视背光方案的比较

项目	直下式 LED 背光单元	侧光式 LED 背光单元
LED 驱动器	升压或降压加多通道线性	高压升压、降压及带正向电压可调节功能的线性结构
优势	1) 低能耗 2) 具有复杂的信号处理能力 3) 深黑色，对比度更佳 4) 可以局域调光 5) 扫描提供更高帧率	1) 系统成本低 2) 可用于纤薄液晶电视 3) 具有高能效 4) 不依赖于系统需要可靠性高的、优异的 LED
不足	1) 系统成本高，因为 LED 和驱动器用量多 2) 散热限制 3) 图像失真	1) 使用众多外部元件（电感、电容、二极管等） 2) 系统具有噪声及电磁干扰

侧光式 LED 背光系统因 LED 光条配置 LED 串的数量不同而不同,一般单串需要大功率 LED,多串需要较低功率 LED,如图 2-40 所示。

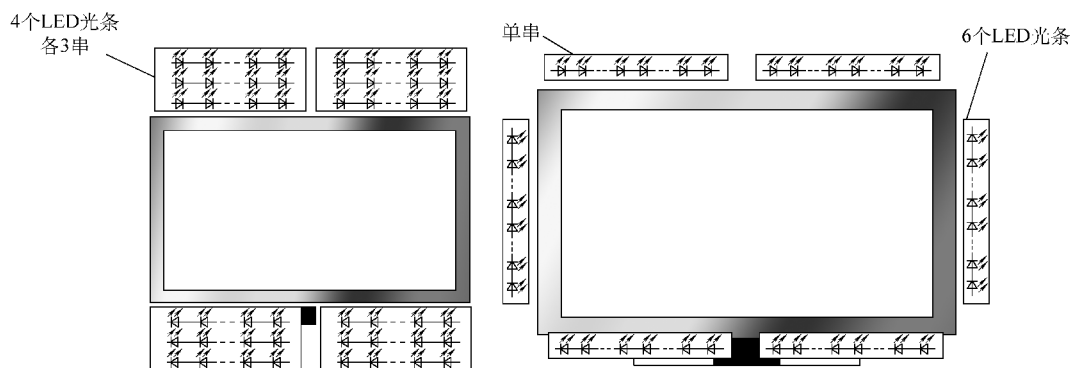


图 2-40 LED 光条配置 LED 串

【问 65】 应用 LED 灯可达到多少电流值？

【答】 LED 灯的允许电流值的限度与应用环境温度有关。一般 LED 灯具有允许电流值随环境温度升高而降低的特性。应用 LED 灯时,注意不要超过定额值降低的特性的要求。

【问 66】 设计 LED 照明的一般步骤是怎样的？

【答】 设计 LED 照明一般步骤为:考虑好照明需求(可以根据照度标准值来考虑)→照明目标(明确工作环境、材料清单成本、使用寿命等)→估计光学系统、热系统、电气系统的效率→采用 LED 数量→驱动电路方案比较→完善选择的方案以及确定方案→试制印制电路板→调试→反馈、调整、调试→正常,制作。

【问 67】 怎样估计 LED 灯照明的光学系统、热系统、电气系统的效率？

【答】 LED 灯的照明设计中估计光学系统、热系统、电气系统的效率的方法如下:

1) 光学系统效率:光学系统效率需要考虑通过次级光学器件的影响,例如透镜、扩散片对光学系统效率的影响。一般通过各次级光学器件的典型光学效率为 85%~90%。另外,灯具内也有一定的光损失,例如灯具罩,因此,一般有吸收系数的考虑。

2) 热损失:考虑大多数 LED 的数据手册一般是在 25℃ 下的典型光通量值,而实际应用的 LED 的结温 $T_j > 25^\circ\text{C}$,因此,需要考虑较高的结温下的 LED 相对通量输出。

3) 电气损失:电气损失主要是考虑 LED 的驱动器的效率一般不会是 100%,一般是在 80%~90%。

【问 68】 LED 照明方案有哪些？

【答】 LED 照明方案有交流-直流(AC/DC)LED 的驱动方案、直流-直流(DC/DC)LED 的驱动方案、LED 手电筒的驱动方案等。其中,交流-直流(AC/DC)LED 的驱动方案包括一些 E14/E27 的 PAR 灯(筒子灯)、嵌灯、台灯、路灯等驱动。直流-直流(DC/DC)LED 的驱动包括一些 MR11、MR16[⊖]、路灯的 DC/DC 部分等。LED 手电筒的方案包括低压小功率的升压驱动、低压小功率降压驱动。

⊖ MR 表示灯头,MR11,MR16 表示灯头的类型。

选择交流－直流（AC/DC）LED 的驱动方案，一般反激拓扑结构在小于 100W 的中低功率应用中选择，高效应用可选择半桥谐振（LLC）拓扑结构。

【问 69】 怎样选择 LED 数量？

【答】 照明应用 LED 系统选择 LED 数量可以根据下列公式来选择：LED 的数量 = 实际所需的流明数 ÷ 每个 LED 的流明数。

在确定 LED 的流明数之前，首先要确定工作电流，然后选择该工作电流下的 LED 的流明数。如果 LED 的流明数给出的是典型数值，则在选择时一般应偏低一些选择。因为，一般需要根据 LED 的最小流明数来设计。

【问 70】 LED 的电源有哪些要求？

【答】 LED 的电源的一些要求如下：

- 1) 效率要高。
- 2) 流过 LED 的电流不能够超出其最高额定值。
- 3) LED 尽量采用电流源驱动，以减低电源功耗。
- 4) LED 一般采用直流电源驱动。
- 5) 离线应用的产品需要隔离，除非相关应用有双重绝缘。

【问 71】 红外线 LED 有什么特点？

【答】 红外线 LED 的特点如下：

- 1) 红外线 LED 发出的是红外线。
- 2) 红外线 LED 管压降一般约为 1.4V。
- 3) 红外线 LED 工作电流小于 20mA。
- 4) 为了适应不同的工作电压，其应用回路中常串有限流电阻。
- 5) 红外线 LED 控制其受控装置，其控制的距离与发射功率成正比。
- 6) 为了增加红外线 LED 控制距离，红外线 LED 一般工作于脉冲状态。另外，减小脉冲占空比可使小功率红外线 LED 的发射距离大大增加。
- 7) 红外线 LED 往往是发射与接收配对出现，其发射与接收有两种方式：直射式与反射式。

【问 72】 红外线 LED 有哪些种类？

【答】 红外线 LED 的种类见表 2-28。

表 2-28 红外线 LED 的种类

依据	种 类
功率	小功率红外线 LED——1 ~ 10mW 中功率红外线 LED——20 ~ 50mW 大功率红外线 LED——大于 50mW
波长	808nm 波长——用于医疗器具、空间光通信、红外照明等 830nm 波长——用于高速公路自动刷卡系统等 840nm 波长——用于摄像机等 850nm 波长——用于摄像头、监控、楼宇对讲、防盗报警、红外防水等 870nm 波长——用于商场与十字路口的摄像头等 940nm 波长——用于遥控器等
外形	鼻梁型（带铁壳）红外线 LED、无边红外线 LED、圆头有边红外线 LED

【问 73】 蓝光 LED 是怎样实现的？

【答】 蓝光 LED 是通过以下方法实现的：

- 1) 蓝光 LED 可以采用红色、绿色、黄色来实现蓝光 LED。
- 2) 采用纯净的碳化硅 (SiC) 材料研制成蓝光 LED。
- 3) 氮化镓 (GaN) 基料实现蓝光 LED。
- 4) 氮化镓 (InGaN) 实现蓝光 LED，氮化镓 LED 可以产生 5 倍于氮化镓 LED 的光强。

【问 74】 白光 LED 的实现方法有哪些？

【答】 白光 LED 的实现方法见表 2-29。

表 2-29 白光 LED 的实现方法

名称	说 明
荧光物质与紫外线 LED	由紫外线 LED 与 RGB 荧光物质产生白光 LED。此类白光 LED 具有显色性高等特点
荧光物质与蓝光 LED	利用蓝光 LED 的光被黄色荧光物质部分吸收、激发，转变成黄光。这样，蓝光与黄光产生白光。该类型 LED 白光显色性低
红光 LED、绿光 LED、蓝光 LED	利用红光 LED、绿光 LED、蓝光 LED，通过混合光线得到，白光 LED。此类白光 LED 颜色具有高重现性

【问 75】 白光 LED 与高亮度 LED 应用时怎样选择？

【答】 白光 LED 广泛应用于小型液晶显示器面板、小型液晶显示器键盘背光、指示器。高亮度 LED 可用作手机、数码相机的闪光光源。

【问 76】 汽车灯选择 LED 有什么优势？

【答】 车用 LED 包括日间行车灯、转向灯、制动/尾灯、位置灯、倒车灯、侧标志灯、后雾灯、车内灯、昼行灯 (Daytime Running Lamps, DRL) 等。

LED 车用除了考虑要达到安全目的，与传统灯泡相较，LED 产品功耗低、反应速度快、无需经常性的替换与保固、节省成本、迎合汽车多样造型趋势、绿色环保等特点。

【问 77】 LED 在灯具中有哪些应用？

【答】 许多 LED 灯具是 LED 驱动电路与 LED 整合在一个灯具中，常见的 LED 灯具见表 2-30。

表 2-30 常见的 LED 灯具

名称	说 明
LED 射灯	LED 射灯就是采用 LED 作为光源的射灯，其又叫投射灯、泛光灯等 LED 射灯主要用来做建筑装饰照明用。LED 射灯可以分为圆形 LED 射灯与方形 LED 射灯。目前常用的 LED 射灯基本上是选用 1W 大功率 LED。LED 射灯可以分为外控与内控两种控制方式
LED 洗墙灯	LED 洗墙灯又叫线型 LED 投光灯、LED 线条灯，主要用来作为建筑装饰照明用。现在许多 LED 洗墙灯基本上是选用 1W 功率 LED，多数 LED 洗墙灯的 LED 都是共用一个散热器。LED 洗墙灯其发光角度一般有窄 (20°左右)、中 (50°左右)、宽 (120°左右) 3 种，目前，大功率 LED 洗墙灯 (窄角度) 最远的有效投射距离为 15 ~ 20m，常用功率有 8W、12W、24W、27W、36W 等几种，常用外形尺寸一般有 300、500、600、1000 等几种。 大功率 LED 洗墙灯有外控与内控两种控制方式，内控无需外接控制器可以内置多种变化模式，外控则要配置外控控制器方可实现颜色变化

(续)

名称	说 明
LED 护栏管	LED 护栏管是把 LED 按一定顺序排列在 PCB 上, 并且设有控制电路, 然后采用防水、防尘罩罩起来的一种亮化光源装置
LED 彩虹管	LED 彩虹管是采用 PVC 塑胶与系列串联、并联微型 LED 排列组合而成的一种线型装饰灯
LED 庭院灯 (路灯)	LED 庭院灯 (路灯) 主要用于照明。小功率 LED 管主要是作为庭院灯或路灯的副灯, 起装饰性作用。大功率 LED 管可以作为路灯的主灯使用
LED 台灯	LED 台灯一般只有白色, 多数采用 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 的小功率 LED 管组装而成。目前, 主要是临时照明、装饰照明
LED 水底灯	LED 水底灯光源树脂灌封, 灯体采用特制硅胶密封圈, 防护等级达 IP68, 安全直流电压供电, 超低功耗, $-40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 均可正常工作

【问 78】 LED 灯带有哪些种类?

【答】 LED 灯带简称灯带, 其可以分为柔性 LED 灯带、LED 硬灯条、老式灯带, 它们的特点见表 2-31。

表 2-31 LED 灯带的种类

种类	说 明
柔性 LED 灯带	LED 柔性灯带又称为柔性霓虹管。其采用 FPC 做组装线路板, 再用贴片 LED 进行组装, 其可以任意折叠、弯曲、卷绕。柔性 LED 灯带具有不同的规格
LED 硬灯条	LED 硬灯条是采用 PCB 硬板做组装线路板, 再采用贴片 LED 或者插件 LED 进行组装的, 其不能随意弯曲。LED 硬灯条具有不同的规格
老式灯带	老式灯带是直接用电线连接的 LED 的老式灯带

【问 79】 怎样判断 LED 灯带的优劣?

【答】 LED 灯带的优劣判断方法见表 2-32。

表 2-32 LED 灯带的优劣判断方法

项目	优	劣
焊点	焊点光滑、焊锡量合适	焊锡量不均匀、有锡尖等缺陷焊等现象
清洁度	洁净	有污渍、清洗的痕迹或者有助焊剂和锡渣残留物
附件	具有连接器或者卡座等	有的没有相应的附件

【问 80】 LED 彩虹管的主要参数有哪些?

【答】 LED 彩虹管的主要参数见表 2-33。

表 2-33 LED 彩虹管的主要参数

名称	说 明
电压	LED 彩虹管的电压一般是指整个灯带的电压。有 220V、24V 等不同规格的, 应用时不可以混淆
防水等级	根据使用环境, 考虑 LED 彩虹管的防水等级
截面形状	截面形状有圆形、扁形等
可剪长度	可剪长度是串联回路的可以剪断长度, 一般采用剪刀标志来指示具体位置
每米灯泡数	每一米的灯带里面包括的 LED 数量。具有不同规格, 根据实际情况来选择
颜色	可以根据需求颜色来选择二线 LED 彩虹管、三线 LED 彩虹管、四线 LED 彩虹管、五线 LED 彩虹管等
最长使用长度	最长使用长度不同, 则使用的 LED 彩虹管额定电压也不同

【问 81】 LED 彩虹管的几线是什么意思？

【答】 LED 彩虹管的几线就是指其 PVC 芯线里面有几根铜导线。并且 LED 彩虹管回路数与线数的关系为：线数 = 回路数 + 1。

【问 82】 什么是 LED 模组？

【答】 LED 模组就是由多只 LED 按一定规则排列在一起，然后再封装起来的器件。

【问 83】 LED 模组的参数有哪些？

【答】 LED 模组的主要参数有颜色、电压、工作温度、发光角度、亮度、功率、防水等级、尺寸等。

【问 84】 LED 模组有哪些分类？

【答】 LED 模组的一些分类见表 2-34。

表 2-34 LED 模组的一些分类

依 据	说 明
颜色	单色
	七彩
	全彩
单颗 LED 的功率	小功率——0.3W 以下
	中功率——0.3 ~ 0.5W
	大功率——1W 及 1W 以上
密封性	防水类
	不防水类

【问 85】 什么是食人鱼 LED？它的特点是怎样的？

【答】 食人鱼 LED 就是封装像食人鱼的一类 LED。食人鱼 LED 的一些特点如下：

- 1) 食人鱼 LED 比 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 管式的 LED 传热快、使用寿命长。
- 2) 食人鱼 LED 一般有 4 只脚，有正极端、负极端，有的有空脚端。
- 3) 食人鱼 LED 亮度比一般的 LED 亮。
- 4) 食人鱼 LED 可承受 20 ~ 40mA 的电流。

【问 86】 LED 与 LED 模组应用注意事项有哪些？

【答】 LED 模组应用的一些注意事项如下：

- 1) 使用环境要适合，防水、温度等均要适合。
- 2) LED 模组引脚连接正确。
- 3) 电流、电压等参数不可超过设计额定数值，更不能超过 LED 模组的极限参数。
- 4) 串联回路不能超过 LED 模块最多连接的数量。
- 5) 较大功率的电脉冲会造成 LED 损坏，因此，使用 LED 时应戴防静电手腕或防静电手套。
- 6) 焊接工具应可靠接地。
- 7) 对未使用的 LED 要注意保存，以免发生引脚氧化等现象。
- 8) 不要在 LED 透镜处夹持，以免损伤透镜及器件内部。

9) 大功率照明用 LED 仅从封装成品来看是单颗芯片, 其内部其实是用一些 LED 管芯封装在一起的。

10) 有的 LED 模组只能防潮, 不能防水, 因此, 电源外置时必须做好防水措施。

11) LED 模组特性一般厂家已经调节好输出电压, 使用中一般不要随意旋转电压调节按钮。

12) LED 模组一般采用低压输入, 因此, 绝对不可不经过电源转换就直接接入 AC220V。

13) 安装 LED 模组时, 可以采用双面胶或木工胶, 使模组卡槽与吸塑底板牢固粘贴。使用双面胶时, 必须再加打玻璃胶。

14) 建议用以酒精为主的溶剂清洗 LED, 不可使用其他溶剂和超声波进行清洗。

15) 用户应注意不要近距离直视产品, 以防过亮的光线损害眼睛。

【问 87】 什么是 OLED?

【答】 OLED 是 Organic Light - Emitting Diode 的缩写, 其含义为有机 LED。OLED 又称为有机电激光显示 (英文为 Organic Electroluminescence Display, 缩写为 OLED)。

【问 88】 LED 灯座规格有哪些? 它们的特点是怎样的?

【答】 LED 灯座规格根据使用的材料可以分为电木灯座、塑料灯座、金属灯座、陶瓷灯座等。根据安装方式可以分为卡口、螺口等方式。

1) E 开头的灯座: E14、E27、E12、E26 等 E 开头通常为螺口灯座, E27、E14 是指普通螺口灯头的灯头大小: E27 指螺纹口直径 27mm 的螺旋灯头, E14 就是螺纹口直径为 14mm 的螺旋灯头。其中 E27 是最普遍的节能灯螺口灯座, 同时 E27 也是白炽灯的灯座。

2) T 开头的灯座: 配合日光灯的灯座通常称为 T8 灯座或 T5 灯座。T 后面的数字表示指灯管的粗细, 数字越大灯管越粗。T 代表灯管的直径

1T = 1/8in (英寸)

1in = 25.4mm

1T = 3.175mm

T4 = 12.7mm

T5 = 16mm

T8 = 25.4mm

T9 = 28.6mm

T10 = 31.8mm

3) GU 开头的灯座: GU10 等灯座以 GU 开头的通常为卡口式, GU 中的 G 表示灯头类型是插入式, U 表示灯头部分呈现 U 形, 后面数字表示灯脚孔中心距, 单位是 mm。GU10 是两个圆形的插脚, GU10 为高压灯。

4) MR 开头的灯座: MRXX 灯座中的 MR 是 Multifac Reflect 的缩写, 其含义为多面反射 (灯杯), 后面数字表示灯杯口径 (单位是 1/8in), MR 系列是细针脚。MR 系列灯座中 MR16、MR11 等灯座是直插式局部照明的小射灯常用的灯座, MR16 是低压灯。MR16 是指最大外径为 2in 的带多面反射罩的灯具。

5) PAR 灯座: PAR 灯座就是筒灯的灯座, 有多种规格。

【问 89】 LED 日光灯的安装步骤是怎样的？**【答】 LED 日光灯安装步骤如下：**

- 1) 对于新的 LED 日光灯拆包装的要小心轻取轻放，并且仔细检查 LED 日光灯以及认真阅读说明书。
- 2) 安装前请阅读灯管标贴内容；避免灯管剧烈振动。
- 3) 检查电压、电流是否符合要求，以及是否适合在此环境中使用。
- 4) 安装前，规划一下，以减少在安装过程中遇到的困难与缩短安装时间。
- 5) 安装前确保开关断开。
- 6) LED 日光灯不需要辉光启动器及镇流器，确保该部件处于断开状态或直接去掉。
- 7) 接线：外置驱动电源输入端与 AC 输入电源连接，输出端与灯管连接（即与灯架两端支架连接）。外置驱动电源的 LED 日光灯接线需要注意：外置电源“+”、“-”极和 LED 日光灯灯管“+”、“-”不要接错。
- 8) 打开开关，试验灯管。

【问 90】 原日光灯怎样改造成 LED 日光灯？

【答】 原日光灯改造成 LED 日光灯的方法如图 2-41 所示，也就是把原日光灯的镇流器、辉光启动器拿掉，然后把 LED 灯管换上去即可。

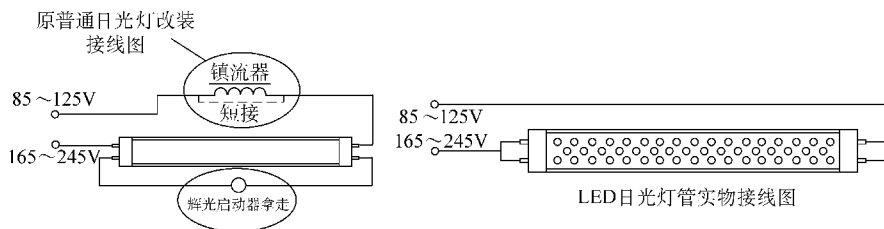


图 2-41 原日光灯改造成 LED 日光灯的方法

【问 91】 LED 日光灯安装时应注意哪些事项？**【答】 LED 日光灯安装时应注意的一些事项如下：**

- 1) LED 日光灯安装时要先断电。
- 2) LED 日光灯可以直接安装在夹具上，一般不需要采用镇流器。
- 3) 不得随意拆开 LED 日光灯。
- 4) LED 日光灯清洁时可用吹风枪吹净或干布擦净，擦净需要避免液体进入管体。
- 5) 不同型号的 LED 日光灯所要求的电流、电压不同，因此，更换 LED 日光灯时，需要采用同规格的 LED 日光灯更换。

【问 92】 LED 吸顶灯在家装安装中的要领与注意事项有哪些？**【答】 LED 吸顶灯在家装安装中的要领与注意事项如下：**

- 1) 砖石结构中安装 LED 吸顶灯时，应采用预埋螺栓、膨胀螺栓、尼龙塞、塑料塞固定，不得采用木楔。
- 2) 固定件的承载能力应与吸顶灯的重量相匹配。
- 3) 如果采用膨胀螺栓固定时，则钻孔直径与埋设深度要与螺栓规格相符。
- 4) 固定灯座螺栓的数量不应少于灯具底座上的固定孔数，并且螺栓直径要与孔径相配。

5) LED 吸顶灯底座上无固定安装孔的灯具, 安装时自行打孔, 并且每个灯具用于固定的螺栓或螺钉不应少于 2 个, 同时, 注意灯具的重心要与螺栓或螺钉的重心相吻合。

6) 当绝缘台的直径在 75mm 及以下时, 可以采用 1 个螺栓或螺钉固定。

7) 导线与灯头的连接、灯头间并联导线的连接要牢固, 电气接触要良好。

8) LED 吸顶灯不可直接安装在可燃的物件上。

9) 引向每个灯具的导线线芯的截面, 铜芯软线不小于 0.4mm^2 , 铜芯不小于 0.5mm^2 。

【问 93】 怎样安装 LED 筒灯?

【答】 LED 筒灯主要用于商场、酒店、家居、会议室、写字楼、展厅等室内场所的照明。LED 筒灯的安装方法如下:

1) 首先在天花板上开一定直径的圆孔。

2) 拆开筒灯包装, 取下保护罩盖, 并且将导线从保护罩侧面孔中穿入, 连接好导线, 用绝缘胶带将接线头包好。

3) 将筒灯缓慢旋入 GU24 等灯座内, 然后盖上保护罩盖。

4) 将筒灯弹簧向上用力推入天花板, 如图 2-42 所示。

注意: 严禁带电操作、严禁带电接触 GU24 接口金属部位。LED 筒灯驱动电压不能超出其工作电压范围。

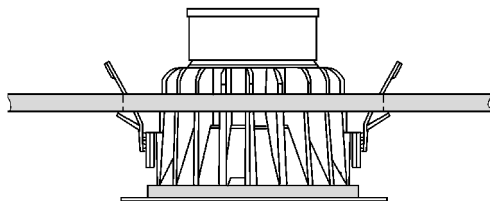


图 2-42 安装 LED 筒灯

【问 94】 怎样安装 LED 外控护栏灯?

【答】 LED 外控护栏灯安装步骤如下:

1) 先将 LED 护栏灯安装到墙体上: 在墙体上打孔, 装膨胀螺钉, 再装 LED 护栏灯, 用自攻螺钉锁住; 护栏灯之间的距离一般是 $1\sim 3\text{cm}$ 。

2) 再将 LED 护栏灯的信号线、电源线对接起来, 信号线一般是两芯、四芯或五芯的公母插头。电源线一般是两芯的公母插。

3) 安装电源 (变压器或开关电源): 根据变压器的功率以及护栏灯的功率来计算每台变压器可以带多少条护栏灯, 并且注意变压器一般只用到 $80\%\sim 90\%$ 的功率, 不管变压器的功率多大, 每边接的管长度最好不要超过 25m 。这样做主要是考虑电源导线有功率损耗, 以免后面的 LED 护栏灯亮度越来越低。

4) LED 护栏灯控制器的安装: 先装分控器, 直接将分控器接在 LED 护栏灯上; 分控器两端一般有三个出线头, 一端一条接线头的一般是电源线接 24V 或 12V , 注意这个电源线只对分控器的供电, 护栏管的供电要另外连接, 另外一端两条接线头中的一条是从主控器输入的信号线, 另一条是接护栏管的输出的信号线, 分控器上一般会有标出哪条接主控哪条接分控。信号接信号 (五芯公母插), 电源接电源 (两芯公母插); 然后将分控器与主控器的信号对接, 如果分控与主控的距离太远时可以用超五类网线连接起来。每个分控只能带固定数量的 LED 数码管。分控与主控之间亦采用超五线网线连接; 网线都是 8 条线的, 采用公母信号插与网线对接起来, 再接到分控上; 不同回路的数码管之间的信号线需要断开。

5) 通电, 通信号: 将变压器全部接到一条 220V 主电源上, 然后采用一个断路器与时间开关。控制 LED 数码管 (LED 护栏灯) 统一通电, 再将主控器上的插头插在 220V 的电源上。

【问 95】 怎样安装 LED 内控护栏灯？

【答】 LED 内控护栏灯安装要领如下：

- 1) 单色护栏管：单色护栏管直接按护栏管的电压接电即可。
- 2) 内控护栏灯：内控护栏灯的安装，直接接在对应的电源上即可。
- 3) 内控编号 LED 护栏灯：内控编号 LED 护栏灯的安装必须按管的顺序一个一个安装；如果不按顺序安装，会出现整体不同步的现象。内控和内控编号护栏管必须同时通电，才能保证变化效果同步。低压的必须接变压器或开关电源，变压器或开关电源一般要求装在护栏管的中间。

【问 96】 单条 LED 条正常，几条 LED 条连接后有的微亮而有的不亮，这是为什么？

【答】 单条 LED 条正常，几条 LED 条连接后有的微亮，有的不亮的原因可能是本应该并联的但是采用了串联方式，或者电源功率不够等。

【问 97】 怎样应用 LED 闪光灯？

【答】 LED 闪光灯在手机等设备中有应用，LED 闪光灯的一些应用特点如下：

- 1) 闪光 LED 的典型工作电压为 3 ~ 4V。
- 2) LED 闪光灯典型 $V-I$ 特性如图 2-43 所示。从图中可以发现 LED 闪光灯常亮模式下的 V_f 小于闪光模式下的 V_f ；闪光模式与常亮模式间可以切换。LED 闪光灯的 V_f 决定了 LED 电流的大小，LED 电流的大小决定 LED 的亮度。LED 闪光灯的阻抗决定了其电流的变化速率。

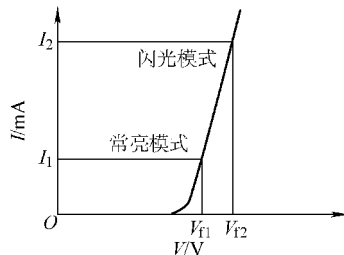


图 2-43 LED 闪光灯典型 $V-I$ 特性

- 3) 根据实际情况来选择合适的 LED 闪光灯驱动器，例如 LED 在整个应用电流范围内电压始终小于 3.4V，则可以选择低压侧（边）驱动器。如果电路板可以放置得下，则可以选择升压器。

【问 98】 LED 闪光灯的驱动类型有哪些？它们的特点是怎样的？

【答】 LED 闪光灯的驱动类型以及它们的特点见表 2-35。

表 2-35 LED 闪光灯的驱动类型以及它们的特点

名 称	说 明
电荷泵驱动器	利用电荷泵可以产生高于输入电压的输出电压，并且结构简单，外接件主要是电容
升压驱动器	利用电感储能，达到升压（大于电池的输出电压）的目的。外接件主要有电感
低压侧驱动器	无需提高电池电压，具有超低压差方案。例如 SP7618、SP7619 等就是低压侧驱动器

【问 99】 单片机的 LED 驱动接口是怎样的？

【答】 单片机可以采用 I/O 口驱动 LED。LED 可以静态驱动， N 位静态数字显示器要求有 $N \times 8$ 根 I/O 口，占用大量 I/O 资源。如果 LED 采用动态驱动，也会占用大量 I/O 资源，并且容易发生冲突、占用时间较长。因此，驱动 LED 较多时，有的单片机采用接口器件、串行移入并行输出集成电路或者专用 LED 接口集成电路扩展 I/O 实现对 LED 的驱动。

目前，相当多的单片机内置了 LED 驱动器，因此，该类型单片机可以驱动 LED。有的单片机的 LED 驱动器包含控制器、电压发生器。控制器由显示数据 RAM 与占空比发生器组成。LED 的外接引脚为 COM 驱动器引脚、SEG 驱动器引脚。系统上电时，默认为 I/O 模式，LED 的 COM 为 I/O 端口。打开 LED 时，SEG 被选择作为输出端口。

另外，通过选择 LED 驱动器占空比控制寄存器的波形占空比的不同模式，达到调节 LED 亮度的目的（具体是通过设定 LED 亮度调节寄存器来实现的）。

【问 100】 LED 显示屏的色彩一致性受哪些因素影响？

【答】 LED 显示屏的色彩一致性主要受驱动芯片的输出电流是否一致和 LED 亮度/色度是否一致等因素影响。其中，LED 驱动芯片输出电流是否一致受以下一些特性影响：输出电流对电源电压偏移量、输出电流对输出电压偏移量、通道间电流偏移量、芯片间电流偏移量等。

【问 101】 LED 字符显示器的特点是怎样的？

【答】 首先把 LED 芯片进行适当的连接以及通过适当的光学结构构成发光显示器的发光段或发光点。发光段或发光点可以组成不同的 LED 显示器件，例如米字管、矩阵管、数码管、符号管等。

数码管、符号管、米字管共称笔画显示器，笔画显示器与矩阵管统称为字符显示器。

【问 102】 什么是 LED 点阵与 LED 点阵显示器？

【答】 LED 点阵就是以 LED 发光二极管组成行×列阵列组合。LED 点阵有 4×4、4×8、5×7、5×8、8×8、16×16、24×24、40×40 等多种类型。LED 点阵可以分为单色 LED 点阵、双色 LED 点阵。LED 点阵经过一定物理结构可以制作成 LED 点阵显示器。

LED 点阵显示器根据像素的数目分为单基色、双基色、三基色等。单基色点阵只能显示固定的色彩。双基色与三基色点阵显示内容的颜色由像素内不同颜色 LED 点亮组合方式决定。

双基色与三基色如果按照脉冲方式控制二极管的点亮时间，可以实现 256 或更高级灰度显示，即可实现真彩色显示。

【问 103】 LED 显示屏的表贴与亚表贴有什么差异？

【答】 LED 显示屏的表贴与亚表贴的比较见表 2-36。

表 2-36 LED 显示屏的表贴与亚表贴的比较

名 称	说 明
三合一表贴	指 3 个发光点封装在同一个点里面的合成
三合一亚表贴	指由 3 个方灯在一条直线上排列成一个像素

【问 104】 ROHM 的点阵 LED 命名规律是怎样的？

【答】 ROHM 的点阵 LED 命名规律如图 2-44 所示。

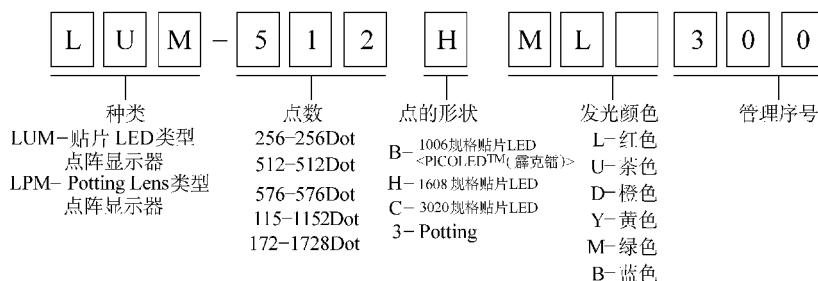


图 2-44 ROHM 的点阵 LED 命名规律

【问 105】 汽车 LED 灯的种类以及它们的特点是怎样的？

【答】 汽车 LED 灯可以分为装饰用灯、配光用灯。装饰用灯主要用于汽车灯光色彩变换，起车美化作用。配光用灯一般用于仪表指示灯背光显示、前后转灯、制动指示灯、倒车灯、雾灯、阅读灯等功能性方面的指示、照明。

【问 106】 怎样排除 LED 单色灯常见故障？

【答】 LED 单色灯常见故障排除方法如下：

- 1) 一个灯或几个灯烧坏——灯脚焊盘对地或对电源短路，消除短路现象即可。
- 2) 一组灯不亮——灯或电阻虚焊（排除方法：重新焊接）、灯或电阻缺件（排除方法：插上缺件）、电路板连线开路（重新连接即可）。
- 3) 单个灯不亮——死灯（排除方法：更换 LED）、引脚间连焊（排除方法：消除连焊现象）。

【问 107】 LED 同步七彩灯常见故障原因有哪些？

【答】 LED 同步七彩灯常见故障原因如下：

- 1) 单个灯不亮——引脚之间连焊、死灯等。
- 2) 一组灯不亮——灯或电阻虚焊、电路板连线开路、灯或电阻有些未插件等。
- 3) 一个灯或几个灯烧坏——灯脚焊盘对地或对电源短路等。
- 4) 双色同时亮——两组电源正端短路等。
- 5) 某种颜色不正常——电路板连线开路、某种颜色的灯电源对地短路等。

第 3 章 IGBT

3.1 概述

【问 1】 理想开关的特点是怎样的？

【答】 理想开关的开关特性可以分静态特性与动态特性。静态特性的特点如图 3-1 所示。理想开关的静态特性是从断开处的电阻来分析的。

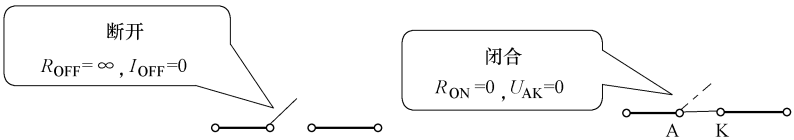


图 3-1 静态特性

动态特性的特点如图 3-2 所示。理想开关的动态特性是从动作的时间来分析的。

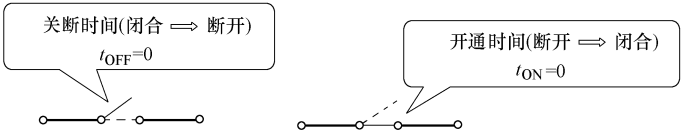


图 3-2 动态特性

理想开关的电压、电流的特点为

导通状态 $V_S = 0, -\infty < I_S < \infty$

关断状态 $I_S = 0, -\infty < V_S < \infty$

开关特性，可主动开通与关断，没有能量转换。

式中， V_S 、 I_S 图解表示如图 3-3 所示。

IGBT 功率半导体主要工作是在开关状态下，而且在应用中尽量使其工作在低损耗状态下。实际中的 IGBT 功率半导体应用受一些因素影响，不可能等于理想开关。但是，把理想开关作为追求目标，对于 IGBT 功率半导体应用有一定的指导意义。

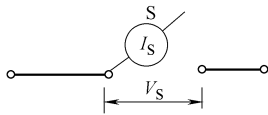


图 3-3 V_S 、 I_S 图解表示

【问 2】 什么是半导体开关管的开通损耗？

【答】 半导体开关管，顾名思义就是能够起类似开关作用的半导体器件，简称开关管。二极管、晶体管、IGBT 均可以用作开关管。半导体开关管不是理想的开关器件，在开通时开关管的电压不是立即下降到零，而是具有一定的下降时间，也就是 t_{on} 不为 0。同时，电流也不是立即上升到负载电流，也是需要一定的上升时间。在这段一定的时间里，电压与电流有一个交叠区，产生损耗，这就是半导体开关管的开通损耗。

【问3】什么是半导体开关管的关断损耗？

【答】半导体开关管关断时，半导体开关管的电压不是立即从零上升到电源电压，而是需要一定的上升时间。同时，电流也不是立即下降到零，也需要一定的下降时间。在这段时间里，电压与电流具有一个交叠区，会产生损耗，这就是关断损耗。

【问4】什么是开关损耗？

【答】开关管在工作时，产生的开通损耗与关断损耗统称为开关损耗，如图3-4所示。

【问5】开关的主动开通与被动开通是怎样的？

【答】开关的主动开通也就是开关能够在任意时刻开通，而且开通时间趋向0时，则开关开通也无损耗。开关的被动开通也就是开关的开通不能够在任意时刻开通，而应在一定的条件下，才能实现，而一定的条件往往是由外部电路等决定或者控制的。

【问6】开关的主动关断与被动关断是怎样的？

【答】开关的主动关断也就是开关能够在任意时刻关断，而且关断时间趋向0时，则开关关断也无损耗。开关的被动关断也就是开关的关断不能够在任意时刻关断，而应在一定的条件下，才能实现，而一定的条件往往受到外部电路等决定或者控制。

【问7】什么是零电流开关？

【答】零电流开关简称ZCS，全称为Zero Current Switch。零电流开关的开关过程包括零电流开通或者零电流关断，通常不指出是开通或是关断，仅称为零电流开关。

零电流关断是该开关在没有能量转换的条件下，只能够在 $I_s = 0$ 时才能够实现关断，即开关特点受电流运行曲线决定，开关器件在关断的过程中，加于其上的电流为零。

零电流开通是利用与开关串联的电感能延缓开关开通后电流上升的速率，降低了开通损耗。

【问8】什么是零电压开关？

【答】零电压开关简称ZVS，全称为Zero Voltage Switch。零电压开关的开关过程包括零电压开通或者零电压关断，通常不指出是开通或是关断，仅称为零电压开关。

零电压开通是该开关在没有损耗开通的条件下，只能够在 $V_s = 0$ 时开通的开关，即开关特点受电压运行曲线决定，开关器件在开通的过程中，加于其上的电压为零。

零电压关断是利用与开关并联的电容能延缓开关关断后电压上升的速率，从而降低关断损耗。

【问9】什么是硬开关？它的特点是怎样的？

【答】硬开关简称HS，其在开关过程中电压与电流均不为零，出现了重叠，并且电压、电流变化很快，波形出现明显的过冲，导致具有开关噪声。

硬开关工作的五大不足之处妨碍了半导体开关器件工作频率的提高，它五大缺陷如下：

- 1) 电磁干扰严重。
- 2) 二极管反向恢复问题
- 3) 感性关断电压尖峰大。

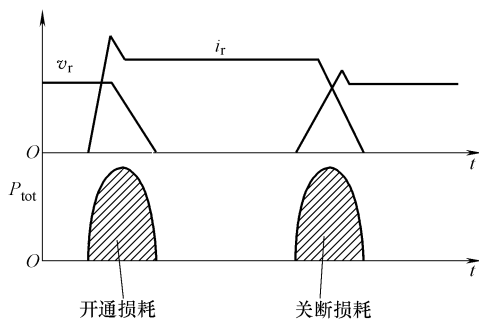


图3-4 开关损耗

- 4) 开通和关断损耗大。
- 5) 容性开通电流尖峰大。

【问 10】 什么是软开关？它的特点是怎样的？

【答】 软开关是指半导体器件在开关过程中承受零电压（ZVS）或零电流（ZIS），即在零电压条件下导通（或关断），在零电流条件下关断（或导通）。软开关在开关开通与关断过程中，电压与电流波形几乎不重叠。软开关可以实现将导通与关断时的损耗降到很低。

【问 11】 软开关电路的种类有哪些？

【答】 软开关电路的种类如下：

- 1) 根据开关元件开通与关断时电压电流状态，分为零电压软开关电路、零电流软开关电路。
- 2) 根据软开关技术发展的历程可以分为准谐振软开关电路、零开关 PWM 软开关电路、零转换 PWM 软开关电路等。
- 3) 根据软开关电路基本类型可以分为降压型软开关电路、升压型软开关电路等。

【问 12】 什么是中性开关？

【答】 中性开关简称 NS，它是指开关电压与开关电流在开关瞬间多为 0。

【问 13】 什么是开关的单管与多管？

【答】 开关的单管就是利用一只单独的管子作为开关管，它的开关过程属于单开关循环开关过程。开关的多管是利用多只管子共同担任开关管，它的开关过程属于多管换流的循环开关过程。

【问 14】 什么是 IGBT？

【答】 IGBT 是 Insulated Gate Bipolar Transistor 的缩写，意为绝缘栅双极型功率管。IGBT 是由 BJT（双极型晶体管）与 MOS（绝缘栅型场效应晶体管）组成的复合全控型电压驱动式电子器件。IGBT 在交流电机、变频器、开关电源、照明电路、牵引传动、数码相机、电磁加热设备、UPS、电焊机、风力发电等领域中有应用。IGBT 模块将功率硅片集成在绝缘封装内使其适用的功率范围小到 1kW 以下，大到 1MW 以上。

【问 15】 IGBT 的理想等效电路是怎样的？

【答】 IGBT 属于电压控制型器件，这是由它的内部基本结构决定的。IGBT 的内部基本结构理想等效电路就是由 PNP 双极型晶体管与 MOSFET 达林顿连接形成的单片型晶体管，如图 3-5 所示。

从基本结构理想等效电路来分析，当在 IGBT 的栅极—发射极间外加正电压时，MOSFET 导通，则 PNP 双极型晶体管因基极—集电极间呈低电平，PNP 双极型晶体管处于导通状态。

当在 IGBT 的栅极—发射极间外加负电压时，MOSFET 截止，PNP 双极型晶体管处于截止状态。

IGBT 是通过控制内部的 MOSFET，达到对内部双极型晶体管的控制。即其触发点是 MOSFET，因此，IGBT 也是通过电压信号控制其开通与关断动作的元件。

当然，实际中的 IGBT 基本结构复杂程度与种类均比基本结构理想等效电路丰富些。因

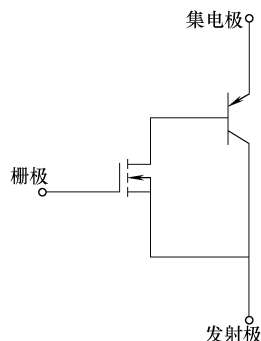


图 3-5 IGBT 基本结构理想等效电路

此, 实际中的 IGBT 具有丰富的等效电路, 例如图 3-6 所示就是其中一例。

【问 16】 什么是 PIM?

【答】 PIM 是 Power Integrated Module 的缩写, 意为功率集成模块。PIM 是为降低损耗与降低成本, 在 IGBT 的模块中内置整流模块电路、逆变主回路、再生回路的新型模块。

3.2 种类与结构

【问 17】 IGBT 的发展类型是怎样的?

【答】 IGBT 从 20 世纪 80 年代研制成功到现在, 经历了不同的发展, 从而也具有相应的类型, 具体见表 3-1。

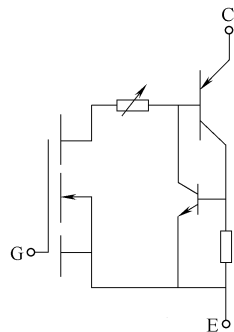


图 3-6 内部等效电路一例

表 3-1 IGBT 的发展类型

类 型	特 点
第 1 代 IGBT (IGBT1、Ver. 1、1st Gen)	IGBT1 主要是 PT (穿通) 型 IGBT 第 1 代 IGBT 采用“平面栅”结构, 在外延片上制备。IGBT 设计在 P 掺杂的底板晶圆上
第 2 代 IGBT (IGBT2、Ver. 2、2nd Gen)	IGBT2 主要是 NPT (非穿通) 型 IGBT 第 2 代 IGBT 采用“平面栅”结构, 在外延片上制备。IGBT2 采用最优化理念, 具有更快速关断、更低的开关损耗以及更耐用性。饱和电压、下降时间比第 1 代 IGBT 降低 30% 日立公司 IGBT2 比 IGBT1 在导通电阻方面比原来降低了 30%, 闭锁电流由原来的 300A/cm ² 改善到 1100A/cm ² 三菱公司 IGBT2 比 IGBT1 关断时间由 12ms 改善到 0.19ms
第 2.5 代 IGBT、Ver. 2.5	第 2.5 代 IGBT 主要是采用了抑制寄生器件
第 3 代 IGBT (IGBT3、Ver. 3、3rd Gen)	IGBT3 主要是 Trench FS (沟槽场终止) 型 IGBT 第 3 代 IGBT 采用“平面栅”结构, 设计规则已从 5μm 改进到 3μm。IGBT3 有的具有沟槽栅结构, 沟槽栅可以降低饱和电压, 维持开关速度。IGBT3 有的也具有场终止层, 场终止层可以减小芯片厚度, 降低饱和电压 第 3 代 IGBT 功耗比第 2 代 IGBT 功耗降低了 20%
第 4 代 IGBT (IGBT4、Ver. 4、4th Gen)	第 4 代 IGBT 基本上是基于已知的 IGBT3 沟槽栅结构, 并结合经优化的包含 n-衬底、n 场截止层、后端发射极的纵向结构。与第 3 代 IGBT 相比, 则总损耗更低、芯片面积更小、PN 结最高结温高至 175℃ 等特点 第 4 代 IGBT 技术包括: FWD 技术、蚀刻模块单元微细化技术、NPT 技术
第 5 代 IGBT (IGBT5、Ver. 5、5th Gen)	第 5 代 IGBT 采用了弱穿通 (LPT) 芯片结构, 又采用了更先进的宽元胞间距的设计, 实现有选择的寿命控制, 饱和电压降到 1.5V、关断下降时间降到 0.1ms。例如, 三菱电机公司第 5 代 IGBT 的特点: 1) 在沟槽的 IGBT 基础上增加电荷蓄积层的新结构, 改善关断损耗 E_{off} 与集电极-发射极间饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 的平衡性 2) 嵌入单元技术的使用, 增加了耐短路能力, 并且降低了栅极容量, 进而降低驱动功率 3) 三菱电机公司第 5 代 IGBT 的 600V 芯片一般采用 PT 结构, 1200V 芯片一般采用 LPT 结构

(续)

类 型	特 点
第 6 代 IGBT (IGBT6、Ver. 6)	第 6 代 IGBT 模块进一步提高了效率, 以及降低了噪声, $V_{CE(sat)}-E_{swoff}$ 折中关系得到显著改善, IGBT 的功率损耗与短路安全工作区域 (SCSOA) 间折中关系得到显著改善 第 6 代 IGBT 的二极管有的采用第 6 代 LPT 硅片技术, 正向导通压降低, 硅片结温可高达 175℃, 硅片运行温度最高可达 150℃

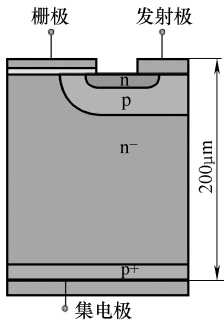
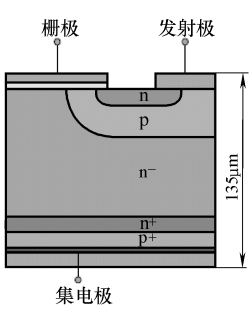
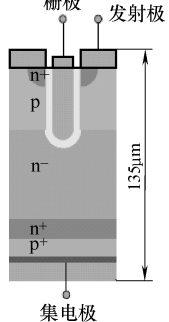
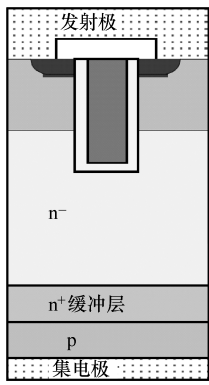
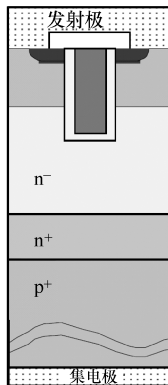
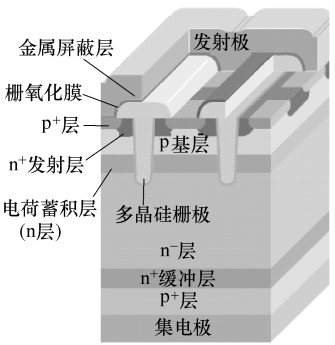
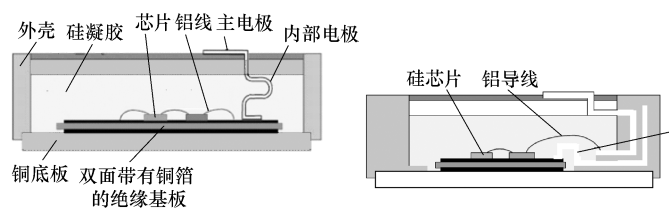
IGBT 平面发展方向: 平面型——沟槽型——软沟槽型。

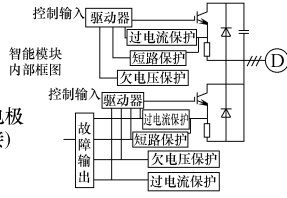
IGBT 垂直发展方向: 穿通——非穿通——场截止 (软穿通)。

【问 18】 不同类型的 IGBT 结构是怎样的?

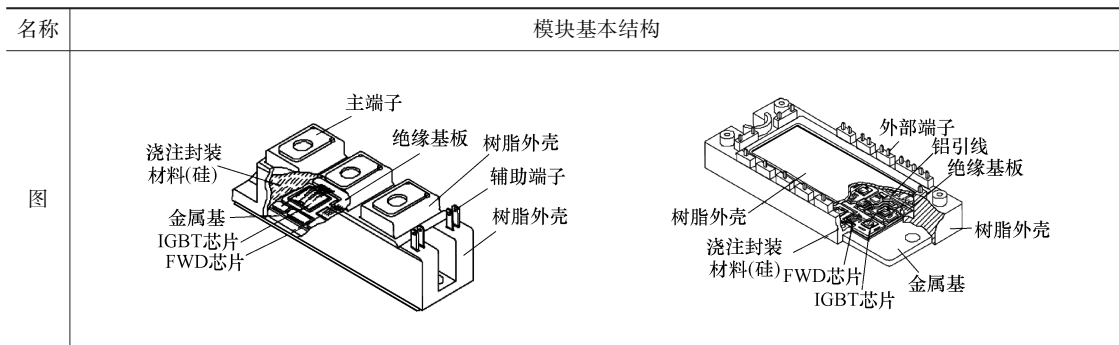
【答】 不同类型的 IGBT 结构见表 3-2。

表 3-2 不同类型的 IGBT 结构

名称	非穿通 (NPT) 型 IGBT	软穿通 (SPT) 型 IGBT	沟槽 (Trench) 型 IGBT
图			
名称	弱穿通 (LPT) 型 IGBT	穿通 (PT) 型 IGBT	电荷积累双极型晶体管 (CSTBT™)
图			
名称	模块基本结构		
图			



(续)



【问 19】 蚀刻模块单元的微细化技术的特点是怎样的？

【答】 蚀刻模块单元的微细化技术，是第 4 代 IGBT 中应用的技术。蚀刻模块单元的微细化技术可使控制极的宽度达到最佳化设计。因此，集电极—发射极间的饱和电压 $V_{CE(sat)}$ 可降低 0.5V，从而使开关损耗降低。

【问 20】 什么是 NPT 技术？

【答】 NPT 是 Non Punch Through（非穿通）的缩写。采用 NPT 技术可以改善正向电压 V_F 、恢复损耗 E_{rr} 的关系。一般使 FWD 的 V_F 降低 0.4 ~ 0.5V，总损耗减少 20%。

【问 21】 什么是 SPT？

【答】 SPT 芯片是基于平面栅/软穿通（SPT）型 IGBT 技术，额外地在 n - 衬底下加了 n + 缓冲层。这个狭长的 n - 结合区使得通态压降和开关损耗都比 NPT 型 IGBT 的要小。

【问 22】 什么是 Trench 结构？

【答】 Trench（沟槽）结构使得栅极每一个阵列晶胞与扩散层垂直相交。这种沟槽栅技术使得可以获得更小的晶胞结构以及更大的电流密度（Trench 芯片比 NPT 和 SPT 的芯片更小，而且具有最大的电流密度），并且 Trench 的饱和压降是最低的。

【问 23】 为什么 PT IGBT 不适合并联使用？

【答】 当多个电力电子器件并联时，一般要实现均流。对于 PT 型的 IGBT 并联时，温度高的器件 V_{CE} 低，即温度高的 I_C 更高。这样温度越高、电流越大。时间长，IGBT 容易烧坏。

【问 24】 沟槽栅 IGBT 与平面栅 IGBT 的比较是怎样的？

【答】 沟槽栅 IGBT 与平面栅 IGBT 比较可以发现沟槽栅 IGBT 具有使硅片有效面积增大、减小沟道电阻、减小通态损耗、使 IGBT 单元面积进一步缩小、电流密度增高、开关损耗更低、击穿电压更高、耐锁定能力更强等优点。

沟槽栅 IGBT 与平面栅 IGBT 相比较可知沟槽栅 IGBT 的缺点就是其栅极电容是平面栅 IGBT 的 3 倍，并且承受短路能力也不及平面栅 IGBT。

【问 25】 IGBT 有哪些规格产品？

【答】 IGBT 依据不同的标准，具有不同的规格，具体见表 3-3。

【问 26】 什么是三菱的 MPD？

【答】 MPD 即 Mega Power Dual（大容量单元）的简称。MPD 就是三菱 IGBT 模块中的 900A 以上的二单元 IGBT 模块的总称。

表 3-3 IGBT 的规格

依据	规 格
电压等级	600V、1200V、1700V 等
电流等级	50A、75A、100A、150A、200A、300A、400A 等
结构	单管电流 15 ~ 400A、电压 400 ~ 1200V 等。 半桥电流 15 ~ 75A、电压 500 ~ 1000V 等。 全桥电流 18 ~ 32A、电压 400 ~ 500V 等。 三相 IGBT 电流 15 ~ 100A、电压 400 ~ 1200V 等
特性	低损耗（Low loss）快速、标准（Standard）、超快速（Ultrafast）等
封装	TO-3P、DPAK、TO-220、M711 等

【问 27】 富士电机 R-IPM、R-IPM3 系列的分类以及其特点是怎样的？

【答】 富士电机 R-IPM、R-IPM3 系列的分类以及其特点见表 3-4。

表 3-4 富士电机 R-IPM、R-IPM3 系列的分类以及其特点

分类	分类依据	特 点
小容量型	600V 系列 15 ~ 30A、1200V 系列 15A	小容量型 R-IPM、R-IPM3 系列产品采用 P617、P619 封装。其中，P619 封装产品为铜底板型，散热性能有所提高。P617 封装产品为无铜底板型，主端子形状是扣接端子形，与控制输入端子高度相同。采用 IGBT 芯片过热保护，防止因芯片异常发热而引起的损坏
中容量型 (仅下臂输出 出警报)	600V 系列 50 ~ 150A、1200V 系列 25 ~ 75A	中容量型产品（仅下臂输出警报）采用 P610、P611 封装。具有以下特点： 1) 封装结构有主电源输入（P、N）、制动输出（B）、输出端子（U、V、W）等 2) 通过采用 IGBT 芯片过热保护，防止因芯片异常发热而引起的损坏 3) 上臂侧无警报输出，下臂输出警报。 4) 主端子使用 M5 螺钉，能可靠连接大电流的导线 5) 电气连接全部使用螺钉及连接器，无需锡焊
中容量型 (配置上臂警 报输出功能)	600V 系列 50 ~ 150A、1200V 系列 25 ~ 75A	中容量型产品（配置上臂警报输出功能）采用 P621 封装。具有以下特点： 1) 可从上臂输出 OC（过电流）、SC（短路）、UV（欠电压）、 T_{jOH} （结温过热）警报信号 2) 电气连接全部使用螺钉及连接器，无需锡焊 3) 通过采用 IGBT 芯片过热保护，防止因芯片异常发热而引起的损坏 4) T_{cOH} （外壳过热）警报只从下臂输出 5) 主端子为 M5 螺钉，能可靠连接大电流的导线 6) 安装到散热器上的螺钉直径与主端子同为 M5
大容量型 (仅下臂输出 警报)	600V 系列 200 ~ 300A、1200V 系列 100 ~ 150A	大容量型（仅下臂输出警报）产品采用 P612 封装。具有以下特点： 1) 控制输入端子排列与中容量标准封装相同 2) 封装结构是：主电源输入（P、N）、制动输出（B）以及输出端子（U、V、W）分别邻近配置，主配线容易连接 3) 电气连接全部使用螺钉及连接器，无需锡焊 4) 通过采用 IGBT 芯片过热保护，防止因芯片异常发热而引起的损坏 5) 从上臂侧无警报输出 6) 主端子为 M5 螺钉，能可靠连接大电流的导线 7) 安装到散热器上的螺钉直径与主端子同为 M5

【问 28】 英飞凌与三菱 IGBT 模块系列速查是怎样的？

【答】 英飞凌与三菱 IGBT 模块系列速查见表 3-5。

表 3-5 英飞凌与三菱 IGBT 模块系列速查

系 列	英 飞 凌	三 菱
第 1 代	PT 型, 后缀为 DN1	
第 2 代	NPT 型, 后缀为 DN2/DLC/S4	
第 3 代前期	沟槽栅 + 场截止层型, 后缀为 T3/E3	H 系列
第 3 代后期		U 系列、KA 系列、FS/GD
第 4 代	后缀为 T4/E4/P4	F 系列、DUS 系列 (高频)
第 5 代		NF/A 系列、NFH 系列、MPD

【问 29】 什么是 FWD 技术？

【答】 FWD 是 Free Wheeling Diode (续流二极管) 的缩写。FWD 技术是第 4 代 IGBT 中应用的技术。它是在 IGBT 模块中应用了降低正向电压 (V_F) 的二极管, 从而可以降低损耗。据测试在 600V 和 1200V 系列中, 逆变器载波频率为 10kHz 时产生的损耗与 IGBT 旧系列相比可降低 20%。

【问 30】 英飞凌的 IGBT4 与 IGBT3 共同的优点有哪些？

【答】 英飞凌的 IGBT4 与 IGBT3 共同的优点有饱和电压低、短路承受时间为 10 μ s、饱和电压正温度系数等。

【问 31】 英飞凌的 IGBT4 - T4 有哪些特点？

【答】 英飞凌的 IGBT4 - T4 为小、中功率应用优化设计的版本, 其是在 T3 的基础上使关断波形更平滑一些以及提升开关速度。其一般用于小功率, 因此电压等级为 1200V, 适用开关频率 ≤ 20 kHz。英飞凌的 IGBT4 - T4 配用小功率 EmCon4 二极管。

【问 32】 英飞凌的 IGBT4 - E4 有哪些特点？

【答】 英飞凌的 IGBT4 - E4 为中、大功率应用优化设计的版本, 其是在 E3 的基础上使关断波形更平滑一些以及提升开关速度。其一般用于中、大功率, 因此电压等级为 1200V、1700V, 适用开关频率 ≤ 8 kHz。英飞凌的 IGBT4 - E4 配用中功率 EmCon4 二极管。

【问 33】 英飞凌的 IGBT4 - P4 有哪些特点？

【答】 英飞凌的 IGBT4 - P4 为大功率应用优化设计的版本, 其是在 E3 的基础上降低关断速度、使关断过程“柔软”。其一般用于大功率, 因此电压等级为 1200V、1700V, 适用开关频率 ≤ 3 kHz。英飞凌的 IGBT4 - P4 配用大功率 EmCon4 二极管。

3.3 参数与性能及应用

【问 34】 IGBT 的主要参数速查是怎样的？

【答】 IGBT 的主要参数速查见表 3-6。

表 3-6 IGBT 的主要参数速查

符号	名 称
B	B 值 (B value)
C_{ies}	输入电容 (Input capacitance)。IGBT 输入电容在开关期间是变化
C_{oes}	输出电容 (Output capacitance)
C_{res}	反向传输电容 (Reverse transfer capacitance)
di_C/dt	集电极电流的上升与下降速率
di_F/dt	正向电流 (二极管) 的上升与下降速率。 di_F/dt 由给定的 IGBT 栅极电阻 $R_{G(on)}$ 决定
dv_{CE}/dt	集电极—发射极电压的上升或下降速率
E_{off}	关断期间的能量耗散
E_{on}	导通期间的能量耗散
f_{sw}	开关频率
$I^2 t$	FWD 的电流二次方时间积, 该参数属于绝对最大额定值
I_c	集电极电流 [集电极的电极上容许的最大直流电流 (Collector current)], 该参数属于绝对最大额定值
$-I_c$	内置二极管上容许的最大直流正向电流, 该参数属于绝对最大额定值
$I_{C\ PULSE}$	集电极的电极上容许的最大脉冲电流, 该参数属于绝对最大额定值
$-I_{C\ PULSE}$	内置二极管上容许的最大脉冲正向电流, 该参数属于绝对最大额定值
I_{CES}	集电极—发射极间断路电流 (Zero gate voltae collector current)
I_{FSM}	FWD 的正向峰值浪涌电流, 该参数属于绝对最大额定值
I_G	栅极电流
I_{GES}	门极—发射极间的漏电流 (Gate – emitter leakage current)
I_{GM}	栅极电流峰值。增大栅极峰值电流将减少导通与关断时间以及开关损耗
I_{GRMS}	栅极电流有效值
I_{tr}	反向恢复电流。反向恢复电流随换流速度 di_F/dt 增大
$I_{rr(Irp)}$	反向恢复电流 (Reverse recovery current)
I_{RRM}	反向恢复峰值电流。 I_{RRM} 的增大也会造成较高的续流二极管关断功率损耗
L_{wire}	绕线电感
L	杂散电感
P_C	最大损耗 (Collector power dissipation), 该参数属于绝对最大额定值
P_G	栅极电阻的功率耗散
P_{PULSE}	脉冲负载
Q_G	栅极充电电量 (Gate charge capacity)
RBSOA	逆向偏压安全操作区 (Reverse bias safe operation area)
Resistance	热敏电阻
R_G	栅极电阻 (Gate – resistance)
$R_{G(int)}$	IGBT 模块内部栅极电阻
$R_{G(min)}$	最小栅极电阻
$R_{G(off)}$	关断栅极电阻

(续)

符号	名 称
$R_{G(on)}$	导通栅极电阻
R_{th}	热阻 (Thermal resistance)
t	时间、时间周期
T_c	外壳温度 (Case temperature)
t_f	下降时间 (Fall time)
T_j	结温 (Junction temperature), 该参数属于绝对最大额定值
t_{off}	关断时间 (Turn - off time)
t_{on}	开通时间 (Turn - on time)
t_p	脉冲宽度
t_r	上升时间 (Raise time)
t_{rr}	反向恢复时间 (Reverse recovery time)
T_{stg}	贮存温度 (Storage temperature), 该参数属于绝对最大额定值
t_{sw}	开关时间
V_{CE}	集电极—发射极电压
$V_{CE(sat)}$	集电极—发射极间的饱和电压 (Collector - emitter saturation voltage)
V_{CES}	集电极—发射极间的电压 (Collector - Emitter voltage), 该参数属于绝对最大额定值
V_F	二极管正向电压 (Forward on voltage)
V_G	栅极电压 (输出驱动器)
$V_{G(off)}$	关断栅极电压 (输出驱动器)
$V_{G(on)}$	导通栅极电压 (输出驱动器)
$V_{GE(th)}$	栅极—发射极间的阈值电压 (Gate - emitter threshold voltage)
V_{GES}	栅极—发射极间的电压 (Gate - Emitter voltage), 该参数属于绝对最大额定值
V_{iso}	绝缘电压 (Isolation voltage), 该参数属于绝对最大额定值
V_{stray}	杂散电感与 di/dt 导致的电压尖峰

【问 35】 IGBT 的参数识读技巧是怎样的？**【答】** IGBT 的参数识读技巧如下：

1. 电压

电压参数一般采用字母 V 表示，并且用两个下角标表示测量电压的两个端子，而且一般第 1 个下角标代表端电位比第 2 个下角标代表端电位高，则电压为正。

如果是 IGBT 模块中的二极管电压参数，则下角标 F 表示正向通态电压，R 表示截止电压。

电源电压一般采用双写参考端子来表示下角标。

另外，为进一步表示电压参数的特征、器件状态，采用了带括号或者不带括号表示的字母或者字母组合，例如：

- 1) (sat) 或 SAT 表示该器件处于电特性上的饱和状态。
- 2) (off) 表示该器件处于电特性上的截止状态。

- 3) I 或者 i 表示输入参数。
- 4) O 或者 o 表示输出参数。
- 5) BR 表示击穿电压。
- 6) th 阈值电压。
- 7) S 表示第 3 电极在接地电极短路。
- 8) R 表示在第 3 电极与接地电极间连接规定的电阻。
- 9) O 表示开放第 3 电极。
- 10) X 表示将第 3 电极设为上文 S、R、O 之外的状态。

2. 电流

电流参数一般采用字母 I 表示，并且至少有 1 个下角标表示，正的数值表示正电流。当用一个下角标也不会出现混淆时也可以采用 1 个下角标表示。

3. 参数常见表示字母

参数常见表示字母速查见表 3-7。

表 3-7 参数常见表示字母

参数	字母	主要单位	参数	字母	主要单位
电感	L	H	静电容量	C	F
电流	$I、i$	A	频率	f	Hz
电压	$V、v$	V	时间	$t、T$	s
电阻	$R、r$	Ω	温度	T	℃
功率	P	W			

4. 位数的表示与缩写

位数的表示与缩写速查见表 3-8。

表 3-8 位数的表示与缩写速查

位 数	缩 写
10^9	G
10^6	M
10^3	k
10^0	-
10^{-3}	m
10^{-6}	μ
10^{-9}	n
10^{-12}	p

【问 36】 IGBT 的参数涉及的测量条件、定义内容速查是怎样的？

【答】 IGBT 的参数一般需要规定或者设定一定的相关参数或者测量条件。因此，不同的测量条件会具有不同的具体数值，本书均没有具体给出，读者使用时，注意这一点。

不同的 IGBT 可能存在涉及的测量条件、定义内容差异，表 3-9 列举有一些 IGBT 参数

涉及的测量条件、定义内容供参考速查。

表 3-9 一些 IGBT 参数涉及的测量条件、定义内容

参数符号	测量条件、定义内容举例
C_{ies}	一般是在一定 V_{CE} 、 V_{GE} 、 f 等条件下测试
E_{on} 、 E_{off}	一般是在一定 V_{CC} 、 V_{GG} 、 I_C 、 R_G 等条件下测试
I_C	不同 T_c 、 T_j 则 I_C 不同, 例如 $T_c = 100^\circ\text{C}$ 、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $T_c = 80^\circ\text{C}$ 、 $T_j = 175^\circ\text{C}$ 数值均有差异
I_{CES}	一般是在一定 V_{GE} 、 V_{CE} 等条件下测试
I_{CP}	一般是特定状态下的数值, 例如 1ms 等
I_F	一般是在一定 T_j 、 T_c 等条件下测试
I_{GES}	一般是在一定 V_{GE} 、 V_{CE} 等条件下测试
P_C	一般涉及 T_c , 例如 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $T_c = 100^\circ\text{C}$ 等
t_{psc}	一般是在一定 V_{CC} 、 V_{GE} 、 V_{CES} 、 T_j 等条件下测试
T_r 、 t_{on} 、 t_f 、 t_{off}	一般是在一定 V_{CC} 、 V_{GG} 、 I_C 、 R_G 等条件下测试
t_{rr}	一般是在一定 I_F 、 di/dt 等条件下测试
$V_{CE(sat)}$	一般是在一定 I_C 、 V_{GE} 等条件下测试
V_{CEO}	一般是在一定 T_j 等条件下测试
V_{CES}	一般是在一定 T_j 等条件下测试
V_F	一般是在一定 I_F 、 V_{GE} 等条件下测试
$V_{GE(off)}$	一般是在一定 I_C 、 V_{CE} 等条件下测试
$V_{GE(th)}$	一般是在一定 V_{GE} 、 I_C 等条件下测试

【问 37】 IGBT 常用参数是怎样定义的?

【答】 IGBT 常用参数的定义见表 3-10。

表 3-10 IGBT 常用参数的定义

参 数	说 明
安装扭矩	一般表示端子与螺栓间的最大允许扭矩
反馈电容	一般表示集电极—发射极对交流短路、栅极与发射极间电压为 0, 栅极—集电极间的电容
关断能耗	一般表示 IGBT 关断时, 时间从集电极—发射极电压上升到最终数值的 10% 时开始到集电极电流下降到关断前电流数值一定的时间, 集电极电流与集电极—发射极电压的乘积的时间积分值
关断下降时间	一般表示 IGBT 关断时, 集电极电流由开通数值的 90% 下降到 10% 为止的这一段期间
关断延迟时间	一般表示 IGBT 关断时, 从栅极电压下降开通数值的 90% 开始到集电极电流下降到开通数值的 90% 为止的这一段期间
集电极电流	一般表示在可以使用的结合部温度范围内, 流过集电极—发射极的最大直流电流
集电极—发射极漏电流	一般表示 $V_{CE} = V_{CES}$ 、栅极—发射极短路状态下, 流经集电极的电流
集电极—发射极阻断电压	一般表示在可以使用的结合部温度范围内, 栅极—发射极短路状态情况下, 允许的断态下的集电极—发射极间最高电压

(续)

参 数	说 明
绝缘耐压	IGBT 模块一般表示在主端子全部短路状态下，模块端子与基板间最大绝缘电压。注意电压频率以及加压时间
开通能耗	一般表示 IGBT 开通时，时间从集电极电流上升到最终数值的 10% 时开始到集电极—发射极电压下降到开通开始前电压数值的 10% 为止，集电极电流与集电极—发射极电压的乘积的时间积分值
开通上升时间	一般表示 IGBT 开通时，集电极电流从最终数值的 10% 上升到最终数值的 90% 为止的这段时间
开通延迟时间	一般表示 IGBT 开通时，从栅极电压的 0% 开始到集电极电流上升到最终数值的 10% 为止的这段时间
输出电容	一般表示栅极—发射极对交流短路，集电极与发射极间的电容
输入电容	一般表示集电极—发射极对交流短路、栅极与发射极间电压为 0 时，栅极—发射极间的电容
续流二极管电流	一般表示在内置续流二极管可以使用的结温范围内，发射极流向集电极的最大允许直流电流
栅极—发射极电压	一般表示在可以使用的结温范围内，允许短时间内加到栅极—发射极间的最高电压
栅极—发射极漏电流	一般表示 $V_{GE} = V_{CES}$ 、集电极—发射极短路状态下，流经栅极的电流
栅极—发射极阈值电压	一般表示一定 I_C 、 V_{GE} 条件下，栅极—发射极间电压

【问 38】 IPM 的主要参数有哪些？

【答】 IPM 的主要参数见表 3-11。

表 3-11 IPM 的主要参数

符 号	名 称
绝对最大额定值	
I_{ALM}	警报输出电流
I_C	IGBT 芯片能允许的最大直流集电极电流
$-I_C$	FWD 芯片能允许的最大直流正向电流
I_{CP}	IGBT 芯片能允许的最大脉冲集电极电流
I_F	FWD 正向电流
I_{IN}	输入电流
P_C	集电极损耗
T_j	芯片结温
T_{opr}	动作时外壳温度
T_{stg}	贮存温度
V_{ALM}	警报加载电压
V_{CC}	控制电源电压
V_{CES}	集电极—发射极间电压

(续)

符 号	名 称
绝对最大额定值	
V_{DC}	电源电压
$V_{\text{DC(surge)}}$	电源电压（浪涌时）
V_{IN}	输入电压
V_{ISO}	绝缘耐压
V_{R}	反向电压
V_{SC}	电源电压（短路时）
电参数	
1. 主电路部分电参数	
I_{CES}	集电极—发射极间遮断电流
t_{f}	脉冲下降时间
t_{off}	关断时间
t_{on}	开通时间
t_{rr}	反向回复时间
$V_{\text{CE(sat)}}$	集电极—发射极间饱和电压
V_{F}	二极管正向电压
2. 控制部分电参数	
I_{ccn}	N 侧（下臂侧）控制电源—GND 间电流
I_{ccp}	P 侧（上臂侧）控制电源—GND 间电流
R_{I}	电流检测分流电阻
R_{ALM}	报警输出电阻
t_{ALM}	报警输出维持时间
$V_{\text{inth(off)}}$	IGBT 从开通转为关断状态的控制信号电压
$V_{\text{inth(on)}}$	IGBT 从关断转为开通状态的控制信号电压
V_{z}	齐纳电压
3. 保护部分电参数	
I_{OC}	过电流保护动作电流
T_{cH}	外壳过热保护磁滞
T_{cOH}	外壳过热保护温度
t_{doc}	过电流截止滞后时间
T_{jH}	芯片过热保护磁滞
T_{joH}	芯片过热保护温度
t_{sc}	短路保护滞后时间
V_{H}	控制电源欠电压保护磁滞
V_{UV}	控制电源欠电压保护电压

(续)

符 号	名 称
热特性参数	
$R_{th(j-e)}$	芯片、外壳间热阻
$R_{th(e-f)}$	外壳、散热片间热阻
T_c	外壳温度
其他参数	
W_t	质量
f_{sw}	开关频率
I_{rr}	反向恢复电流
RBSOA	反向偏压安全工作区
E_{on}	开通时 IGBT 开关损耗
E_{off}	关断时 IGBT 开关损耗
E_{rr}	反向恢复时的 FWD 开关损耗

【问 39】 DIP IPM 的主要参数有哪些？

【答】 DIP IPM 的主要参数见表 3-12。

表 3-12 DIP IPM 的主要参数

最大额定值			
符号	名称	符号	名称
控制（保护）部分		逆变部分	
I_{FO}	故障输出电流	V_{CC}	电源电压
V_D	控制电源电压	$V_{CC(surge)}$	电源电压（浪涌）
V_{DB}	控制电源电压	V_{CES}	集电极—发射极间电压
V_{FO}	故障输出电压	$\pm I_C$	集电极电流
V_{IN}	输入信号电压	$\pm I_{CP}$	集电极电流（峰值）
V_{SC}	电流检测引脚输入电压	P_C	集电极损耗
T_j	结温		
全系统			
$V_{CC(prot)}$	电源电压自保范围（短路）	T_c	工作外壳温度
V_{iso}	绝缘耐压	T_{slg}	贮存温度
电参数			
f_{PWM}	PWM 控制输入信号频率	I_{sc}	短路保护触发值
I_{CES}	集电极—发射极间漏电流	P_{WIN}	允许最小输入脉冲
I_D	控制电源回路电流	$R_{th(j-e)F}$	结—壳间热阻（逆变器 FWDi 部分）
I_{IN}	输入电流	$R_{th(j-e)Q}$	结—壳间热阻（逆变器 IGBT 部分）
I_O	允许输出电流	t_{dead}	死区时间

(续)

电参数			
符号	名称	符号	名称
t_{FO}	故障输出脉宽	V_{NC}	NU、NV、NW 间电位差
T_j	结温	VOT	模拟温度输出
U_V	控制电源电压、欠电压保护	$V_{th(off)}$	输入关断阈值电压
V_{CC}	电源电压	$V_{th(on)}$	输入开通阈值电压
$V_{CE(sat)}$	集电极—发射极间饱和压降	ΔV_D	控制电源电压变化率
V_D	控制电源电压	V_{EC}	FWDi 正向压降
V_F	故障输出电压		

【问 40】 DIP IPM 的参数涉及的测量条件、定义内容是怎样的？

【答】 DIP IPM 的参数涉及的测量条件、定义内容见表 3-13。

表 3-13 DIP IPM 的参数涉及的测量条件、定义内容

参数符号	测量条件、定义内容举例
逆变器部分	
电源电压	一般是 P、N 端子间电压。内藏 IGBT 在非开关动作状态 P、N 端子间允许施加的最大直流电压。如果 P、N 间的电压超过此值，则必须在电路中追加制动电路来抑制母线电压的上升。内藏 IGBT 在开关动作状态，P、N 端子间出现的最大浪涌电压值，如果母线电压超过此值，则必须降低母线分布电感或追加吸收电路来抑制母线电压的上升
集电极电流	$T_f = 25^\circ\text{C}$ 或者 $T_f = 25^\circ\text{C}$ 时的最大允许直流连续通电电流
集电极电流（峰值）	一般是在 $T_f = 25^\circ\text{C}$ ，1ms 以下条件下的数值，具体型号可能有差异
集电极损耗	一般是 $T_f = 25^\circ\text{C}$ ，IGBT 芯片内部单个元件消耗功率的最大值。注意也有不同该测试条件的其他测试条件
结合温度	内藏功率芯片的瞬时最高允许结合温度，大多数 IGBT 模块为 150°C ，但是也有其他数值的。为了保证安全工作，规定芯片的平均结合温度不得超过高允许结合温度 -30°C （散热片温度不超过高允许结合温度 -50°C ） 在 $T_f = 100^\circ\text{C}$ 时、芯片结合温度保持在则更低一些
控制与保护部分	
电流检测端输入电压	一般表示 $CIN - V_{NC}$ 端子间电压
故障输出电流	一般表示 Fo 端子吸入电流值。第 2 代 DIP IPM 故障输出电流一般为 15mA。第 3 代 DIP IPM 由于采用 CMOS-IC 构造，故障输出电流一般为 1mA
故障输出端电压	一般表示 $Fo - V_{NC}$ 端子间电压
控制电源电压	一般表示 $V_{PI} - V_{PC}$ 、 $V_{NI} - V_{NC}$ 端子间， $V_{UFB} - V_{UFS}$ 、 $V_{VFB} - V_{VFS}$ 、 $V_{WFB} - V_{WFS}$ 端子间
信号输入电压	U_P 、 V_P 、 $W_P - V_{PC}$ 、 U_N 、 V_N 、 $W_N - V_{NC}$ 端子间
全系统	
电源电压自保范围（短路）	一般是在一定 V_D 、电路部位、 T_j 、时间，非反复条件下测试。内藏 IGBT 在短路或过载状态，IPM 能够遮断 IGBT 的电压的范围。超过此值，模块将不能保护自己，元器件损坏的可能性将增大
绝缘耐压	一般是在频率的正弦波、一定时间条件下测试。而且，一般是全端子—散热器间的耐压。第 3 代 DIP IPM 的绝缘电压一般统一为 2500V

(续)

参数符号	测量条件、定义内容举例
其他	
短路触发电压	一般是在一定 V_D 条件下测试
故障输出电压	一般是在一定 V_{SC} 、 F_o 、上拉至一定电压条件下测试
故障输出信号脉宽	一般是在一定 C_{FO} 条件下测试
集电极与发射极间饱和电压	一般是在一定 V_D 、 V_{DB} 、 V_{IN} 、 I_C 、 T_j 条件下测试
开关时间	一般是在一定 V_{CC} 、 V_D 、 V_{DB} 、 I_C 、 T_j 、 V_{IN} 条件下测试
控制电路电流	一般是在一定 $V_{PI} - V_{PC}$ ， $V_{NI} - V_{NC}$ 之总和、 $V_{DB} = 15V$ $V_{IN} = 5V$ 条件下测试
控制电压触发和复位电平	一般是在一定 T_j 条件下测试
输入 OFF 阈值	一般是在一定 U_P ， V_P ， U_N ， V_N ，等条件下测试
输入 ON 阈值	一般是在一定 U_P ， V_P ， U_N ， V_N 等条件下测试
输入电流	一般是在一定 V_{IN} 条件下测试
芯片结合部至散热片间的热阻抗	需要注意测试条件是逆变器单个 IGBT 还是逆变器单个 FWD 的参数
续流二极管压降	一般是在一定 V_{IN} 、 $-I_C$ 条件下测试
遮断电流	一般是在一定 V_{CE} 、 V_{CES} 、 T_j 条件下测试

【问 41】 IGBT 的输出特性是怎样的？

【答】 IGBT 的静态输出特性，也就是 IGBT 的伏安特性。IGBT 的静态输出特性可以反映出 IGBT 在一定的栅极—发射极电压 V_{GE} 下其输出端的 V_{GE} 电压与 I_C 电流的关系。IGBT 的静态输出特性可以分为截止区、导通区、反向击穿区。下面以 N 沟道增强型为例的输出特性图例如图 3-7 所示。

1. 正向截止状态

IGBT 处于正向截止状态，在输出特性图例上体现为正向阻断特性。当 IGBT 的集电极—发射极电压 V_{CE} 是正的时，以及栅极—发射极间电压 V_{GE} 小于栅极—发射极间开启电压 $V_{GE(th)}$ 时，IGBT 的集电极与发射极间存在很小的集电极—发射极漏电流 I_{CES} ，并且 I_{CES} 随着集电极—发射极电压 V_{CE} 电压的增大，有小幅度的增大。如果，集电极—发射极电压 V_{CE} 电压增大最大允许集电极—发射极电压 V_{CES} 时，IGBT 的结出现锁定效应，并且 IGBT 可能遭到损坏。

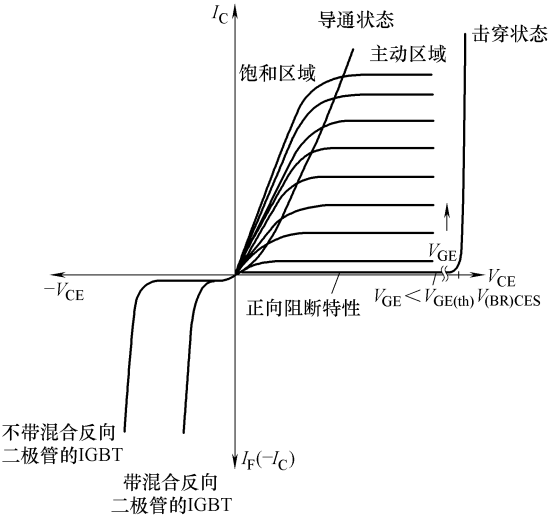


图 3-7 IGBT 的输出特性

2. 导通状态

IGBT 导通状态在其输出特性图例上可以分为主动区域与饱和区域。

1) 主动区域：栅极—发射极间电压 V_{GE} 大于栅极—发射极间开启电压 $V_{GE(th)}$ 小许时，会出现输出特性中的水平线的特性。并且，该区域中集电极电流 I_C 随 V_{GE} 变化而变化；集电极电流 I_C 随集电极—发射极电压 V_{CE} 电压增大而增大；集电极电流 I_C 随芯片温度减低而减小。

由多只 IGBT 组成的 IGBT 模块在主动区域中的稳态运行是不被允许的。

2) 饱和区域：有的把 IGBT 处于饱和区域称为导通状态。IGBT 处于饱和区域体现在输出特性的陡斜线部分。IGBT 处于饱和区域其集电极电流 I_C 一般可认为只由外部电路决定。

IGBT 处于饱和区域，其集电极—发射极饱和压降 $V_{CE(sat)}$ 是主要参数，其中，非穿通型 IGBT 的集电极—发射极饱和压降 $V_{CE(sat)}$ 随温度增加而增加，穿通型 IGBT 的集电极—发射极饱和压降 $V_{CE(sat)}$ 随温度增加而减小。

3. 反向状态

IGBT 处于反向状态，其内部的集电极是截止的。目前，IGBT 的反向截止电压在数十 V，非穿通型 IGBT 更为体现这一点。因此，在应用时可选择混合结构的 IGBT，或者外加快速二极管或者其他电路来实现高反压的需要。

【问 42】 IGBT 的转移特性是怎样的？

【答】 IGBT 的转移特性可以反映出 IGBT 的集电极电流 I_C 与集电极—发射极电压 V_{CE} 的关系，以及集电极电流 I_C 随栅极—发射极电压 V_{GE} 的关系。N 沟道增强型为例的转移特性如图 3-8 所示。

【问 43】 IGBT 安全操作区的特点是怎样的？

【答】 IGBT 安全操作区可以分为反向偏置安全工作区（RBSOA）、短路安全工作区（SCSOA）、正向偏置安全工作区（FBSOA）。

1. 反向偏置安全工作区

反向偏置安全工作区英文为 Reverse Bias Safe Operation Area，简称为 RBSOA。反向置压安全工作区是指 IGBT 关断时，安全工作的 $V_{CE} - I_C$ 的工作范围，如图 3-9 所示。

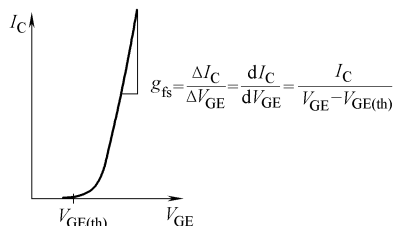


图 3-8 N 沟道增强型转移特性

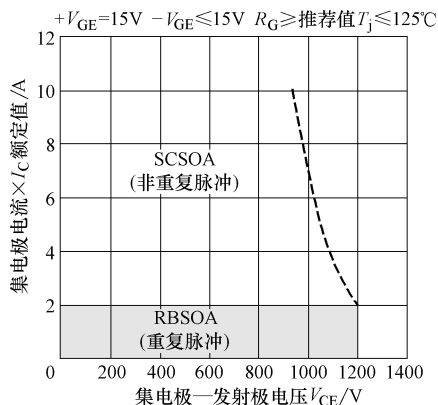


图 3-9 反向偏置安全工作区和短路安全工作区

在设计缓冲电路、维修代换时，均需要注意 IGBT 在关断时应处于 RBSOA 区域内部。

2. 短路安全工作区

通常交换工作时为重复脉冲 RBSOA，大电流（短路）时为非重复脉冲短路安全工作区（SCSOA），SCSOA 如图 3-9 所示。

3. 正向偏置安全工作区

正向偏置安全工作区（FBSOA），也就是 IC 处于饱和状态时，IGBT 能够承受的最大电压的物理极限数值，也就是最大工作电流、最高耐压、最大功率三条边界所围成的区域。

【问 44】 IGBT 的电流规格 I_C 参数的选择技巧是怎样的？

【答】 IGBT 模块的集电极电流增大， $V_{CE(-)}$ 上升，损耗则变大，IGBT 发热加剧。因此，选择 IGBT 时，要选择其结温 T_j 在 150°C 以下的集电极电流，一般为安全起见，以 125°C 以下为宜，实际中更是有根据实际电流的 2~3 倍来选择数据表集电极电流的。

选择 IGBT 的电流规格 I_C ，必须将集电极工作最大电流控制在直流额定电流以下，这几乎是 IGBT 所有应用电路都要遵守、注意的一点。

【问 45】 怎样选择 IGBT 的电压等级？

【答】 IGBT 的电压等级的选择可以根据母线的电压与余量来选择：

- 1) 单相整流后直流母线约为 300V 左右，考虑冗余，一般都会选用 600V 系列的 IGBT。
- 2) 三相整流后的直流母线约为 540V，一般都会选用 1200V 系列的 IGBT。
- 3) 有些特殊用途中，直流母线电压可以达 700V 以上，则需要选择 1700V 系列的 IGBT。
- 4) 另外，有些实际选择经验是采用比实际大 3 倍的电压等级 IGBT。

【问 46】 IGBT 结温 T_j 参数是怎样选择与应用的？

【答】 首先，需要明确 IGBT 工作时，其结温 T_j 不得超过最大结温 $T_{j\text{MAX}}$ 。IGBT 的 T_j 的范围一般可以在数据表中查到。大多数 IGBT（包括一单元的、两单元的、六单元的、七单元的、智能 IGBT 模块等） $T_{j\text{MAX}}$ 为 150°C ，部分为 170°C 。

因此，无论是设计、维修代换以及其他应用，均需要保证 IGBT 无论是常载下还是超载下，都不得超过最大结温，并且一定要有一定余量。

另外，IGBT 有一些参数是在不同的 T_j 下的数值，即不同的 T_j ，则一些参数数据会有差异。一般而言，低 T_j 情况下的一些参数数据会比高 T_j 情况下的数据大，但是，也有低 T_j 情况下的一些参数数据会比高 T_j 情况下的数据小，例如东芝的 MG50Q2YS50， $V_{CE(\text{sat})}$ 在 $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下的典型值为 2.8V，最大值为 3.6V； $T_j = 125^{\circ}\text{C}$ 条件下的典型值为 3.1V、最大值为 4V。实际中，考虑高 T_j 下的数值比较妥当一些。

【问 47】 IGBT 栅极电阻对 IGBT 特性与应用有什么影响？

【答】 IGBT 栅极电阻可以影响 IGBT 的开关时间、RBSOA、SCSOA、开关损耗、EMI、 dv/dt 、 di/dt 、续流二极管的反向恢复电流、续流二极管的开关特性。

栅极电阻由可以通过限制导通与关断期间栅极电流脉冲的幅值需要多长时间来决定。栅极电阻值的改变所带来的 IGBT 开关特性的变化（ R_G 主要对开通影响大，对关断影响不明显）见表 3-14。

表 3-14 栅极电阻值的改变所带来的 IGBT 开关特性的变化

变化率/特性	栅极电阻增大	栅极电阻减小
t_{on}	增大	减小
t_{off}	增大	减小
E_{on}	增大	减小
E_{off}	增大	减小
导通峰值电流	减小	增大
关断尖峰电流二极管	减小	增大
dv/dt	减小	增大
di/dt	减小	增大
电压尖峰	减小	增大
EMI 噪声	减小	增大

IGBT 与栅极电阻相关的其他特性如下：

- 1) 续流二极管的开关特性限制栅极阻抗的最小值。
- 2) 栅极电阻决定栅极峰值电流 I_{GM} 。
- 3) IGBT 的开关特性受栅极电容的再充电控制。栅极电容的再充电可以通过栅极电阻控制。
- 4) IGBT 的动态性能可通过栅极电阻值来调整。

【问 48】 怎样选择栅极电阻？

【答】 栅极电阻需要选择非谐振、金属薄膜、高精度、温度系数小、稳定性好等特点的电阻。

额定电流大的 IGBT 一般应采用阻值较小的栅极电阻驱动。额定电流小的 IGBT，一般应选择阻值较大的栅极电阻。

一般而言，栅极电阻值可取 IGBT 数据表中所列的值（最小值）到大约两倍于数据表中所列值之间的数值，即两倍于数据表中所列值可被看做是优化的起点（即以此开始减少栅极电阻值）来确定栅极电阻。

多数应用中，导通栅极电阻 $R_{G(on)}$ 比关断栅极电阻 $R_{G(off)}$ 小，有的 $R_{G(off)}$ 约为 $R_{G(on)}$ 的两倍。

【问 49】 怎样估算栅极电阻？

【答】 栅极电阻的估算，可以通过以下公式来估算：

$$\text{栅极峰值电流: } I_{GM} = \frac{V_{G(on)} - V_{G(off)}}{R_G + R_{G(int)}}$$

$$\text{最小栅极阻抗: } R_{G(min)} = \frac{V_{G(on)} - V_{G(off)}}{I_{GM}}$$

【问 50】 怎样估算栅极电阻的功率能力？

【答】 栅极电阻的功率能力可以通过下式来估算：

$$P_{PULSE} = I_{GM}^2 R_G$$

【问 51】 怎样估算栅极电荷？

【答】 栅极电荷大小可以通过 IGBT 数据表中的 $Q_{G(ds)}$ 、输入电容 C_{ies} 以及加在 $Q_{G(ds)}$

上的栅极电压 $V_{G(on)}$ 与 $V_{G(off)}$ 来大概估算, 具体可以通过以下公式来估算:

$$Q_G = k_C C_{ies} (V_{G(on)} - V_{G(off)})$$

$$k_C = \frac{Q_{G(ds)}}{C_{ies} (V_{G(on)} - V_{G(off)})}$$

【问 52】为什么在应用 IGBT 时不能够超过栅极最大额定电压?

【答】IGBT 模板的栅极通过一层氧化膜与发射极实现电隔离。由于此氧化膜很薄, 其击穿电压一般只能达到 20 ~ 30V。因此栅极击穿是 IGBT 模板失效的常见原因之一。为此, 在应用中要保证栅极驱动电压没有超过栅极最大额定电压。

【问 53】栅极开通电压 + V_{GE} 对饱和电压、短路电流的影响是怎样的?

【答】栅极开通电压 + V_{GE} 对饱和电压的影响表现为 V_{GE} 上升, $V_{CE(sat)}$ 下降。栅极开通电压 + V_{GE} 对短路电流的影响表现为 V_{GE} 上升, I_{SC} 上升 (t_{SC} 下降)。

【问 54】栅极关断电压 - V_{GE} 或选择 0V 对 IGBT 的影响是怎样的?

【答】用 - V_{GE} (例如 -5 ~ -15V) 能够使 IGBT 关断更可靠一些, 有利于防止误开通。如果用 0V 关断, 可考虑采用有源米勒钳位使关断可靠。如果用 0 ~ 15V 开关时, 栅极电荷较小, 门极驱动电流较小。用 0V 关断时, t_{off} 与 E_{off} 较大。

【问 55】栅极电容 C_{GS} 有什么特点? 对 IGBT 的驱动有什么影响?

【答】IGBT 的源极与栅极之间为绝缘的二氧化硅结构, 直流电不能通过。因此, 低频静态驱动功率接近于零。IGBT 栅极与源极间其实构成了一个栅极电容 C_{GS} 。因此, 在高频率开通与关断时需要一定的动态驱动功率。小功率 C_{GS} 为数十、数百 pF 级, 大功率的器件, 栅极电容 C_{GS} 较大, 数十、数百 nF 级。

因此, IGBT 的驱动需要一定的动态驱动功率。

【问 56】IGBT 的正偏置电压 $V_{GE(on)}$ 与 V_{CE} 、 E_{on} 有什么关系?

【答】IGBT 的正偏置电压 V_{GE} 增加, V_{CE} 下降, 开通损耗 E_{on} 也下降, 负载短路时的 I_C 增大, IGBT 能承受短路电流的时间减小。如果 + V_{GE} 固定不变时, V_{CE} 将随漏极电流增大而增高, 开通损耗 E_{on} 将随结温升高而升高。

【问 57】怎样估算 IGBT 开关损耗?

【答】IGBT 开关损耗估算, 可以通过以下公式来估算:

$$P_{switch} = (E_{on} + E_{off}) f_{switch}$$

【问 58】怎样估算 IGBT 通态损耗?

【答】IGBT 通态损耗估算, 可以通过下式来估算:

$$P_{cond} = V_{CE} I_{Cduty}$$

【问 59】IGBT 的电流波形在导通过程中为什么会出现 I_r ?

【答】因为 IGBT 模块在导通过程中出现的尖峰 I_r ($I_C > I_0$) 的原因主要是反并联的续流二极管存在反向恢复电流。

【问 60】IGBT 的电压波形在关断过程中为什么会出现 U_r ?

【答】IGBT 在关断过程中会出现 U_r ($V_{CE} > V_{CC}$) 的主要原因是杂散电感的存在。杂散电感是由于电容到 IGBT 模块间的结构设计引起的。使杂散电感减小的设计的原则是: 正负电流靠近, 并且方向尽量平行。

【问 61】 怎样选择 IGBT 续流二极管？

【答】 IGBT 续流二极管一般应选择快速类型的二极管，并且具有良好的软恢复特性。

1) 参数选择：IGBT 续流二极管参数选择上主要体现是对换流速度、正向通态压降 V_F 、反向阻断电压 V_R 、反向恢复时间 t_{rr} 、可重复正向峰值电压 V_{FRM} 、反向峰值电流 I_{RRM} 等的选择。

反向阻断电压 V_R 一般是提供 25℃ 条件下的数值，IGBT 续流二极管具有随着温度降低，反向阻断能力下降，漏电流下降的特点。因此，选择反向阻断电压 V_R 需要考虑温度这一影响因素。另外，反向阻断电压 V_R 下的漏电流不得超过临界电流 I_R 。

IGBT 续流二极管的正向通态压降 V_F 也受温度影响，选择 IGBT 时也需要考虑这一因素。

2) 种类的选择：IGBT 续流二极管一般选择高频率的、快速功率型二极管。肖特基二极管一般用于电压小于 100V，因此，主要用于 MOSFET。外延生长式二极管一般用于电压范围为 100 ~ 1200V 的情况下，因此，可以选择作为 IGBT 续流二极管。

【问 62】 IGBT 的散热特点是怎样的？与什么参数有关联？

【答】 首先，需要明确 IGBT 工作时，一定要把芯片产生的热量安全地引导到散热器上，否则会损坏 IGBT。IGBT 的散热与其相关的参数有 IGBT 内部参数与外部参数。内部参数有内部热抗、热阻等，外部参数有电压、电流、频率等。

IGBT 的散热实际上涉及温度。因此，在考虑 IGBT 的散热时，IGBT 的温度参考是不可无视的。在 IGBT 一些数据表中会提供一些热阻、温度参数，应用时，需要谨慎考虑这些参数，具体见表 3-15。

表 3-15 热阻、温度参数

符 号	说 明
R_{th}	表示热阻抗，即为 IGBT 芯片达到热平衡状态下，消耗单位功率导致结温相对于外部指定点的温度上升数值
$R_{th(j-c)}$	表示芯片结合部与外壳间的热阻，即为 IGBT 开关管芯片结合部与外壳或者模块底板间的热阻
$R_{th(c-f)}$	表示接触热阻，即为 IGBT 模块底板与散热器间的热阻
T_a	表示 IGBT 环境周围温度，即在自然或者风冷状态下，没有受发热体影响的空气温度
T_c	表示 IGBT 外壳温度，即 IGBT 模块底板上规定的温度
T'_c	表示 IGBT 外壳温度，具体表示为与 T_c 规定点不同的温度

对于上述温度，IGBT 工作时的温度均不得超过其最大数值。选择散热器要选择热阻小，这样 IGBT 表面温度会更低，性能自然也更好。

【问 63】 什么是热阻？怎样估计 IGBT 的热阻？

【答】 热阻，英文为 Thermal Resistance。它是反映阻止热量传递能力的一项综合参量，常见单位为℃/W，即表示物体持续传热功率为 1W 时，导热路径两端的温差度数。

IGBT 的热阻估算，可以通过下式来估算：

$$R_{thjh} = \frac{T_j - T_h}{P_{tot}}$$

式中， P_{tot} 是损耗； T_j 是芯片温度； T_h 是散热器温度。

【问 64】 怎样估算 IGBT 的损耗？

【答】 对于具有内置 FWD 二极管的 IGBT，其总损耗是 IGBT 的损耗与 FWD 二极管的损耗之和，而 IGBT 的损耗与 FWD 二极管的损耗均又可以分为稳态损耗与交换损耗。交换损耗可以根据 IGBT 的交换损耗与集电极特性来计算。稳态损耗可以通过输出特性来计算。这样就可以计算出 IGBT 的损耗 P_{tot} 。

另外，需要注意交换损耗包括开关损耗 E_{on} 与关断损耗 E_{off} ，一般 IGBT 数据表会提供其相应的开关损耗 E_{on} 与关断损耗 E_{off} 。

【问 65】 IGBT 散热器的安装技巧是怎样的？

【答】 IGBT 的散热器安装技巧如下：

- 1) 1 只 IGBT 安装在 1 个散热器上，IGBT 安装在散热器中心，则热阻会最小。
- 2) 1 个散热器安装多只 IGBT，则要充分考虑损耗外还需要根据不同 IGBT 分配面积。
- 3) IGBT 安装散热器的螺钉位置表面粗糙度 $10\mu\text{m}$ 以内，平面度控制在 $100\mu\text{m}$ 以内。
- 4) IGBT 与散热器间涂覆散热绝缘混合剂，涂覆技巧主要是要保证 IGBT 与散热器用螺钉紧固后，要保持均匀使 IGBT 与散热器接触均匀。其中，2 点与 4 点安装方式如图 3-10 所示。

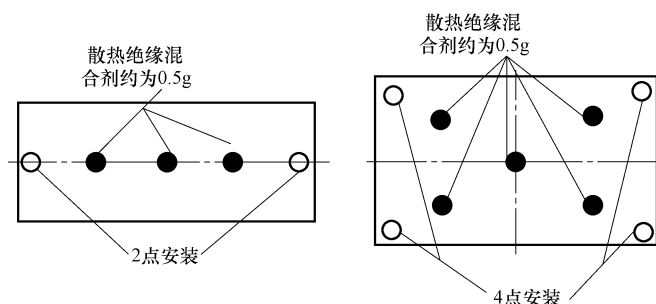


图 3-10 2 点与 4 点安装方式

- 5) 一般 IGBT 的安装方向与其散热器挤压方向平行。
- 6) 采用带纹路的散热器，则应使 IGBT 较宽的方向顺着散热器纹路。

【问 66】 IGBT 模块螺钉的安装技巧与技法是怎样的？

【答】 IGBT 模块的螺钉安装技巧与技法主要是把握螺钉的预拧顺序与紧拧顺序，有的预拧顺序与紧拧顺序一致，有的相反，具体如图 3-11 所示。

【问 67】 SKiPPACK 基本结构有什么特点？

【答】 IGBT 的 SKiPPACK 主要是 SEMIKRON 产品采用。IGBT 的 SKiPPACK 基本结构特点如图 3-12 所示。

SKiPPACK 其 IGBT 与二极管芯片的 DCB 基片没有焊接在一块底板上，并且 DCB 上集成了正温度系数的传感器，从而温度散热得到进一步改善以及性能得到提升。

SKiPPACK 具有 2 臂、3 臂、4 臂结构；内部线路有 GB、GAL、GAR 等；电压等级有 600V、1200V、1700V、3300V 等。

【问 68】 什么是 IGBT 的短路耐受能力？

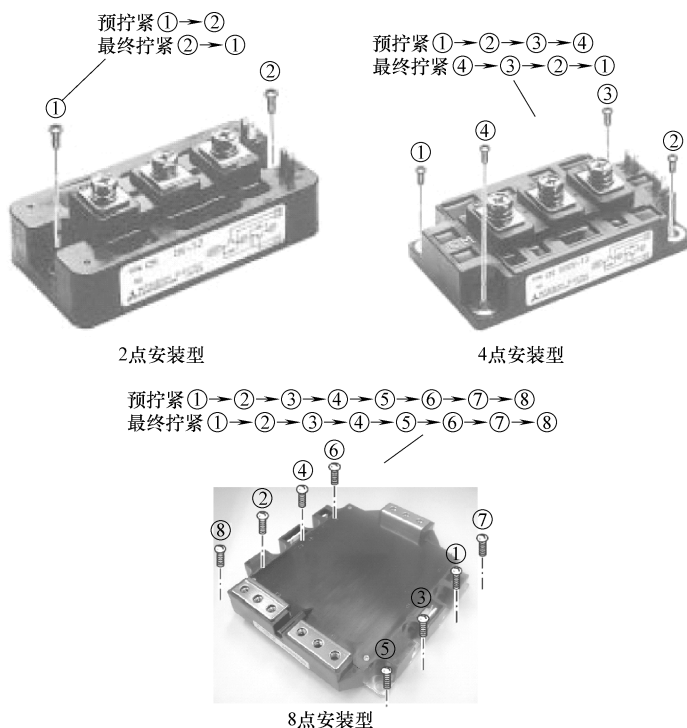


图 3-11 IGBT 模块的螺钉安装技巧与技法

注：预拧力矩是最大值的 20% ~ 30%。

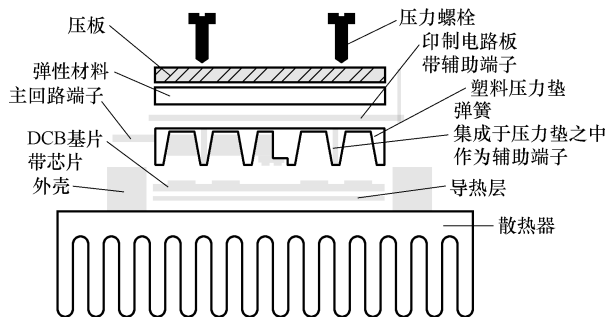


图 3-12 SKiPPACK 基本结构特点

【答】 当发生短路时，一般 IGBT 的集电极电流会急剧增大以及集电极—发射极间电压也会急剧增大，这样会给 IGBT 带来毁灭性损坏，为此，有的 IGBT 需要具有很强的短路耐受能力。

IGBT 提供的短路耐受能力一般是一定条件下，例如：FMG2G75US120 的短路耐受能力 $T_{SC} \geq 10\mu s$ ，测试条件 $V_{CC} = 600V$ ， $V_{GE} = 15V$ ， $T_C = 100^\circ C$ 。如果，测试条件电源电压 V_{CC} 越大， T_C 越大，则短路耐受能力会小。

IGBT 的短路耐受能力，利用得当可以实现耐受时间内，关断 IGBT，从而保护了 IGBT。不过，由于 IGBT 短路耐受时间短，一般应采用软关断 IGBT 方式。如果采用硬关断 IGBT 方

式,则可能因电流关断,出现电压跳升现象。

【问 69】 IGBT 的过电流保护有哪些类型?

【答】 IGBT 的过电流保护类型可以分为过载保护与短路保护。

1) 过载保护:过载保护主要是 IGBT 的负载电流增大引起的 IGBT 损耗增大,如果损耗增大突破 IGBT 的一些极限数值,则 IGBT 会损坏。一般选择、应用 IGBT 时均需要有一定的余量。因此,IGBT 过载时可以保护。过载保护可以通过检测直流环路总电流,达到对 IGBT 驱动电路的控制,进而可以实现在过载时,关断 IGBT。

2) 短路保护:IGBT 承受的短路电路时间很短。IGBT 短路会引起的 IGBT 损耗增大,结温升高,如果结温突破其最大结温,则 IGBT 会损坏。

不同的 IGBT 承受的短路电路时间不同,实际中可以根据 IGBT 的饱和导通压降来估计:

- 1) 饱和导通压降小于 2V,IGBT 承受的短路电路时间 $>5\mu\text{s}$ 。
- 2) 饱和导通压降为 3V,IGBT 承受的短路电路时间可达 $15\mu\text{s}$ 。
- 3) 饱和导通压降为 4~5V,IGBT 承受的短路电路时间可达 $30\mu\text{s}$ 。

另外,有的 IGBT 数据手册也提供了承受的短路电路时间参数,应用时可以查阅参考。

【问 70】 IGBT 过电流检测电路有哪些类型?

【答】 IGBT 的过电流检测电路不同依据有不同的类型:

- 1) 根据检测元件,可以分为电阻检测电路、互感器检测电路等。
- 2) 根据检测元件安放在 IGBT 电极上,可以分为发射极检测电路、集电极检测电路等。
- 3) 根据检测方式,可以分为直接检测电路与间接检测电路。其中间接检测有一种方式是通过检测 $V_{\text{CE(sat)}}$ 来实现的。

需要,注意一点的是:无论是哪种过电流检测电路,基本思路是一样的:集电极电流大,需要检测电流大信号,然后控制使集电极电流变小。

【问 71】 IGBT 需要过电压保护的原因有哪些?

【答】 IGBT 之所以会出现电过压现象,一些原因如下:

- 1) IGBT 属于高速开关,当其关断时,会出现电流的急剧变化,在其感生电感上产生高压。
- 2) 电极电容的存在,引发的高电压。
- 3) IGBT 应用电路的异常引发高电压现象。
- 4) FWD 反向恢复时产生的高电压现象等。

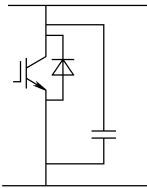
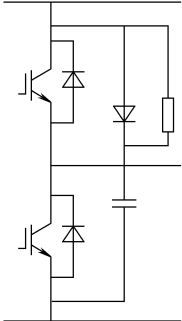
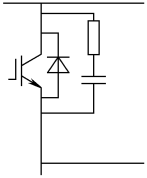
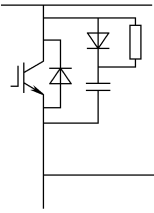
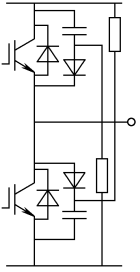
【问 72】 IGBT 过电压抑制的方法与电路有哪些?

【答】 IGBT 过电压抑制可以采用有源钳位、动态栅极控制、无源缓冲电路等。IGBT 过电压抑制的方法与电路速查见表 3-16。

【问 73】 晶体管与 IGBT 驱动要求的差别是什么?

【答】 晶体管属于电流控制器件,要求有合适的电流波形来驱动。IGBT 属于电场控制器件,要求一定的电压来驱动。

表 3-16 IGBT 过电压抑制的方法与电路

名 称	图 例	说 明
C 缓冲电路		C 缓冲电路与 RCD 缓冲电路均属于集中式缓冲电路。其电路简易，但是，因主电路电感与缓冲电容产生 LC 谐振电路，母线电压容易产生振荡
RCD 缓冲电路		RCD 缓冲电路如果缓冲二极管选择错误，则会发生高的尖峰电压，或缓冲二极管的反向恢复时电压可能产生振荡。另外，RCD 缓冲电路可以降低母线电压的振荡
RC 缓冲电路		RC 缓冲电路与充放电型 RCD 缓冲电路、放电阻止型 RCD 缓冲电路均属于个别缓冲电路 RC 缓冲电路关断浪涌电压抑制效果明显。最适合于斩波电路，不适用于高频用途
充放电型 RCD 缓冲电路		充放电型 RCD 缓冲电路对关断浪涌电压有抑制效果，与 RC 缓冲电路相比，其缓冲电阻值能够变大。与放电阻止型 RCD 缓冲电路相比，其不适用于高频交换用途
放电阻止型缓冲电路		放电阻止型缓冲电路对关断浪涌电压有抑制效果，发生的损耗少，最适合高频交换用途

(续)

名 称	图 例	说 明
栅极过电压保护		IGBT 的 V_{GE} 的耐压值是一定的 (一般为 $\pm 20V$)。如果在 IGBT 上加了超出该耐压值的电压的场合, 会有导致 IGBT 损坏的危险。因此, IGBT 需要栅极过电压保护电路 钳位控制电路实现过电压保护
		动态栅极电压控制实现过电压保护

【问 74】 IGBT 驱动电路有哪些种类?

【答】 IGBT 驱动电路可以分为驱动信号与功率器件不需要电气隔离的直接驱动, 以及驱动器输入端与输出端需要电气隔离的隔离驱动。隔离驱动可以分为光耦合器隔离驱动与变压器隔离驱动两种。另外, 变压器隔离驱动又可以分为无源驱动、有源驱动、自给电源驱动等类型。

【问 75】 IGBT 的栅极驱动电路是怎样的?

【答】 IGBT 的栅极驱动电路见表 3-17。

表 3-17 IGBT 的栅极驱动电路

名 称	图 例	说 明
脉冲变压器隔离的栅极驱动电路		控制脉冲 u_i 经晶体管 V 送到脉冲变压器, 由脉冲变压器耦合, 并经 VS1、VS2 后驱动 IGBT 图例中部分元件的作用如下: R_1 : 限制栅极驱动电流的作用 V: 晶体管, 起放大作用 VD1: 续流二极管, 防止 V 中可能出现的过电压 VD2: 加速二极管, 以提高开通速度 VS1、VS2: 起稳压限幅作用

(续)

名 称	图 例	说 明
推挽输出栅极驱动电路		图例是一种采用光耦隔离的推挽输出栅极驱动电路 其中, 推挽输出栅极驱动电路主要由 V1、V2 组成 控制脉冲使光耦关断时, 光耦输出低电平 L, 则 V1 会截止, V2 会导通, 则 IGBT 在 VS1 的反偏作用下会关断 控制脉冲使光耦导通时, 光耦输出高电平 H, 则 V1 会导通, V2 会截止, 并且经 V_{CC}、V1、R_G 产生的正向电压会使 IGBT 导通 光耦器 IGBT 隔离驱动具有体积小等优点, 但是有反应较慢、需要辅助电源供电等缺点
集成电路驱动		采用 IGBT 专用集成驱动模块进行驱动。常见的 IGBT 专用集成驱动模块有 EXB850、EXB851 (标准型); EXB840、EXB841 (高速型)

【问 76】 怎样估算 IGBT 驱动器的驱动功率、栅极电流?

【答】 IGBT 驱动器的要求与其驱动功率估算可以采用下式估算。栅极电流的估算如图 3-13 所示。

$$P_{GD(out)} = Q_G (V_{G(on)} - V_{G(off)}) f_{sw} = k_C C_{ies} (V_{G(on)} - V_{G(off)})^2 f_{sw}$$

其中, 输入电容 C_{ies} 可以在 IGBT 数据表中查到相应数值。同时, 注意 IGBT 驱动器提供的栅极电流与驱动功率应比估算的最大平均输出电流要大, 才能够满足实际应用。并且, 还要考虑实际中的峰值问题。

【问 77】 IGBT 驱动电路对开通正栅压 $+V_{GE}$ 有什么要求?

【答】 IGBT 正栅极—发射极电压 V_{GE} 越大, 则 IGBT 导通电阻越低, IGBT 损耗越小。如果栅极—发射极电压 V_{GE} 太小, IGBT 的工作点在线性放大区内, 则 IGBT 会过热损坏。如果栅极—发射极电压 V_{GE} 太大, 在 IGBT 出现过电流, 往往会使 IGBT 失效损坏。因此, IGBT 驱动电压范围一般为 12V。

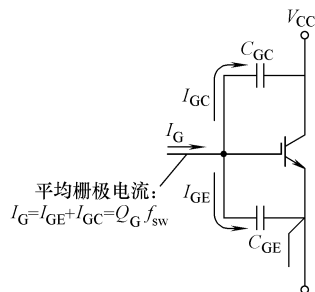


图 3-13 栅极电流的估算

【问 78】 IGBT 驱动电路对关断负栅压 $-V_{GE}$ 有什么要求？

【答】 IGBT 关断时，考虑采用负栅极—发射极电压 V_{GE} ，主要是考虑 IGBT 关断时承受很大的 dv/dt 以及在关断浪涌电流的冲击下，IGBT 的栅极可能引发误开通。也就是采用负栅压提高 IGBT 关断时的抗干扰能力。

IGBT 关断时，需要引入适当的负偏压，一般为 $-10V$ 。

【问 79】 设计 IGBT 栅极驱动电路有哪些注意事项？

【答】 IGBT 驱动条件与 IGBT 特性有关。其栅极驱动电路的设计，应充分考虑负载短路能力、开通特性、 du/dt 可能引起的误触发等。

1) IGBT 有一个容性输入阻抗，对栅极电荷非常敏感。设计驱动电路时，需要有一条低阻抗值的放电回路。

2) IGBT 的栅极驱动电路最好自身带有对 IGBT 的保护功能，以增强抗干扰能力。

3) 栅极连线可以采用绞线来传送驱动信号，以减小寄生电感。在栅极连线中串联小电阻也可以抑制振荡电压。

4) 驱动电路要能传递一定频率的脉冲信号。

5) 在关断过程中，应尽快抽取 PNP 管的存储电荷，可考虑施加一负偏压 $-V_{GE}$ 。并且，需要注意它受 IGBT 的 G、E 间最大反向耐压限制。因此，一般取 $-1 \sim -10V$ 。

6) 在大电感负载下，IGBT 的开关时间不能太短。

7) 在高压电力电子设备中，IGBT 驱动电路与设备控制电路在电位上要严格隔离。

【问 80】 IGBT 驱动器输出功率与 C_{ies} 、 C_{res} 、 C_{oes} 、 C_{GC} 、 C_{GE} 参数有什么关联？

【答】 IGBT 驱动器输出功率的计算主要参数是栅极电荷（当然与 IGBT 的内部阻抗也有关）。而 IGBT 栅极电荷是由等效输入电容 C_{GC} 与 C_{GE} 决定。IGBT 参数中一般提供的是输入电容 C_{ies} 、反向传输电容 C_{res} 、输出电容 C_{oes} ，因此，需要了解输入电容 C_{ies} 、反向传输电容 C_{res} 、输出电容 C_{oes} 与输入电容 C_{GC} 与 C_{GE} 关系：

$$C_{ies} = C_{GE} + C_{GC}$$

$$C_{res} = C_{GC}$$

$$C_{oes} = C_{GC} + C_{CE}$$

它们关系图例表示如图 3-14 所示。

另外，IGBT 参数提供的输入电容 C_{ies} 、反向传输电容 C_{res} 、输出电容 C_{oes} 一般是其处于关断状态下受电压影响的低信号电容数值。同时，需要注意输入电容 C_{ies} 、反向传输电容 C_{res} 、输出电容 C_{oes} 受集电极—发射极电压有一定影响。

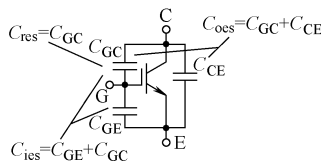


图 3-14 关系图例

【问 81】 IGBT 驱动电压上升速率有要求吗？

【答】 IGBT 应用时，其驱动电压上升不能太快，也不能够太慢。其应选择恰当的驱动电压上升速率、较轻的吸收电路参数为宜。

【问 82】 IGBT 模块同类型模块的电流有什么判断技巧？

【答】 IGBT 模块同类型模块的电流大小判断技巧：用电容表测量 IGBT 模块栅极—发射极或集电极—发射极结的电容量，电流大的电容量也大，即测得电容量大的，则电流大。

【问 83】 应用 IGBT 时，其开关损耗为什么增大了？

【答】 IGBT 应用时，其开关损耗增大的原因可能是所选的栅极电阻值过大，导致损耗

过大。解决的方法之一就是减小栅极电阻值。

【问 84】 应用 IGBT 时，为什么会有过大的 IGBT 电压尖峰？

【答】 IGBT 应用时，有过大的 IGBT 电压尖峰可能是应用中的电感过大或者使用的关断栅级电阻过小，导致 di/dt 更大。解决的方法之一就是尽量减小电感或者增大关断栅级电阻值。为减小短路时的电压尖峰，也可使用软关断电路。

【问 85】 栅极电阻与 IGBT 间的距离长了一点怎么办？

【答】 栅极电阻电路与 IGBT 间的距离应尽可能短。如果距离长，则会在栅极—发射极的通道上产生较大的电感，该电感会与 IGBT 输入电容形成一个 LC 电路。 LC 电路可能会产生振荡，电压可能会高于最大允许栅级电压。解决的方法之一就是用一个比最小栅极电阻大一些的栅极电阻来削弱该振荡。

【问 86】 应用 IGBT 时，栅极电阻为什么会过热或烧毁？

【答】 IGBT 应用时，栅极电阻过热或烧毁电阻的原因可能是电阻的峰值功率能力不够。

【问 87】 应用 IGBT 时，为什么会有 EMI 噪声？

【答】 IGBT 应用时，有 EMI 噪声可能是采用的栅极电阻过小，导致 dv/dt 或 di/dt 变大，从而产生 EMI 噪声。也可能是过大的栅极电阻值导致 IGBT 在开关期间在线性模式下运行时间过长，导致栅极振荡产生噪声。

【问 88】 应用 IGBT 时，栅极为什么会振荡？

【答】 栅极出现振荡的原因可能是栅极电阻与 IGBT 间的连线过长，导致栅极—发射极通道间的电感较大，从而与 IGBT 的输入电容一起组成一个谐振电路，使得栅极振荡。解决的方法之一就是栅极电阻与 IGBT 间的连线缩短。另外，主电流感应耦合到控制电路也会引发栅极振荡，解决的方法就是应避免栅极与主端子之间的连线平行或者采用双绞线。

【问 89】 IGBT 在变频器中有应用吗？

【答】 变频器就是把固定电压、固定频率转换成电压、频率可变化的设备。变频器主要由交流变直流的整流电路、滤波电路、直流变交流的整流电路、制动电路、驱动电路、检测电路、微处理控制电路等组成。其中直流电变换为交流电的装置，称为逆变器 inverter。IGBT 在逆变器有广泛的应用。变频器的构成见表 3-18。

表 3-18 变频器的构成

项 目		功 能	主要元器件
主回路	逆变部分	将直流转换为频率电压均可变的交流电	IGBT
	制动部分	消耗过多的回馈能量，保持直流母线电压不超过最大值	单管 IGBT、制动电阻
	上电缓冲	降低上电冲击电流	限流电阻、接触器
	储能部分	保持直流母线电压恒定，降低电压脉动	电解电容、均压电阻
	整流部分	将工频交流变成直流	整流桥
控制回路	键盘	对变频器参数进行调试和修改，并实时监控变频器状态	单片机
	控制电路	交流电动机控制算法生成，外部信号接收处理及保护	DSP 等

(续)

项 目		功 能	主要元器件
结构件	温度传感器	检测散热器温度	
	散热器	将整流桥、逆变器产生的热量散发出去	
	风扇	配合散热器，将变频器内部的热量带走	

【问 90】 IGBT 应用有哪些注意事项？

【答】 IGBT 应用注意事项如下：

- 1) 使用时，不要手触摸驱动端子。
- 2) 用导电材料连接驱动端子的模块时，在配线未布好之前，不要先接上模块。
- 3) 尽量要在底板良好接地的情况下操作。
- 4) 必须要触摸模块端子时，则必须对人体或衣服进行相应静电放电。
- 5) 焊接作业时，需要防止静电的产生。
- 6) 盛装 IGBT 的容器，需要选用不带静电的容器。
- 7) 并联使用时，需要考虑电流能平衡，因此，尽量选择 $V_{CE(sat)}$ 相同的 IGBT 并联。
- 8) 保存 IGBT 的环境温度，一般为常温常湿状态下，不能够偏离太大。
- 9) 如果 IGBT 坏了，不能够只是直接代换 IGBT，还必须测量驱动板驱动线路是否损坏。
- 10) IGBT 对静电敏感，携带过程中 GE 间应短路。
- 11) 更换 IGBT 模块时，要保持栅极短路小铜环不脱落，直到安装完好，最后插控制线时，一手触摸接地的金属件，一手拔下铜环插好控制线，最后将触摸接地金属件的手拿开。

3.4 引脚端子

【问 91】 富士电机 IPM 主端子符号与其说明是怎样的？

【答】 富士电机 IPM 主端子符号与其说明见表 3-19。

表 3-19 富士电机 IPM 主端子符号与其说明

主端子符号	说 明
P	变频器（逆变器）的整流转换器平滑滤波后的主电源输入端，其中 P 为正端、N 为负端
N	
B	表示制动输出端，即减速时再生制动用电阻电流的输出端
U	表示三相变频器（逆变器）输出端
V	
W	
N2	表示变频器（逆变器）装置的整流转换器平滑滤波后的主电源的一侧输入端（例如 P617、P619 封装）
N1	改变 OC 电平时，在外部连接电阻用（例如 P617、P619 封装）

【问 92】 DIP IPM 引脚功能与符号是怎样的？

【答】 DIP IPM 引脚功能与符号速查见表 3-20。

表 3-20 DIP IPM 引脚功能与符号速查

符号	功 能	说 明
VOT	LVIC 温度输出端	
VNC	N 侧控制电源地端	为防止干扰，避免主电路的线电流流经该引脚
VNI	N 侧控制正电源端	
VPC	P 侧控制电源地端	为防止干扰，避免主电路的线电流流经该引脚
NU	U 相 N 侧 IGBT 发射极端	若采用共发射极，则尽可能靠近模块的位置将该脚与相关脚短接起来
UN	U 相 N 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
UP	U 相 P 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
UPI	U 相 P 侧控制正电源端	
VUFS	U 相 P 侧驱动电源地端	
VUFB	U 相 P 侧驱动正电源端	
U	U 相输出端	该引脚端连接交流电动机等负载。在模块内部，该引脚端与内部相应的 IGBT 桥臂的中点相连
NV	V 相 N 侧 IGBT 发射极端	若采用共发射极，则尽可能靠近模块的位置将该脚与相关脚短接起来
VN	V 相 N 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
VP	V 相 P 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
VPI	V 相 P 侧控制正电源端	一般在靠近这些引脚端附近放置具有良好频率特性和温度特性的旁路电容。在控制电源引脚端间放置一个 24V/1W 稳压二极管，以防止浪涌电压可能造成的损坏
VVFS	V 相 P 侧驱动电源地端	
VVFB	V 相 P 侧驱动正电源端	
V	V 相输出端	该引脚端连接交流电动机等负载。在模块内部，该引脚端与内部相应的 IGBT 桥臂的中点相连
NW	W 相 N 侧 IGBT 发射极端	若采用共发射极，则尽可能靠近模块的位置将该脚与相关脚短接起来
WN	W 相 N 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
WP	W 相 P 侧控制信号输入端	该引脚端连线应尽可能短
WPI	W 相 P 侧控制正电源端	
VWFS	W 相 P 侧驱动电源地端	
VWFB	W 相 P 侧驱动正电源端	
W	W 相输出端	该引脚端连接交流电动机等负载。在模块内部，该引脚端与内部相应的 IGBT 桥臂的中点相连
VSC	电流检测端	该引脚端与 VNC 间连接的电流检测电阻主要作用是短路保护
CIN	短路触发电压检测端	电流检测引脚端与 VNC 间连接的电流检测电阻上的电压一般接入 CIN 引脚端。CIN 引脚端内部接比较器主要用来判断电路保护的状态
FO	故障输出端	该引脚端为集电极开路型，因此，FO 信号线应通过约 10k Ω 的上拉电阻接到 5V 电源电压

(续)

符号	功 能	说 明
CFO	故障输出脉冲宽度设定端	该引脚端与 VNC 间接电容主要用来设定故障输出时间长度
P	逆变器直流母线正端	
VPC	冗余端	内部电路用, 不需要接线
UPG	冗余端	内部电路用, 不需要接线
VPC	冗余端	内部电路用, 不需要接线
WPG	冗余端	内部电路用, 不需要接线
UNG	冗余端	内部电路用, 不需要接线
VNC	冗余端	内部电路用, 不需要接线
WNG	冗余端	内部电路用, 不需要接线
VNG	冗余端	内部电路用, 不需要接线
W	冗余端	内部电路用, 不需要接线
U	冗余端	内部电路用, 不需要接线
V	冗余端	内部电路用, 不需要接线

【问 93】 IPM 引脚功能与符号是怎样的?

【答】 IPM 引脚功能与符号速查见表 3-21。

表 3-21 IPM 引脚功能与符号速查

符号	功 能
主端子	
B	制动输出端
N	逆变器主电源的负输入端
N1	改变 OC 电平时, 在外部连接电阻用的端子
N2	逆变器主电源的一侧的正输入端
P	逆变器主电源的正输入端
U	逆变器输出端
V	逆变器输出端
W	逆变器输出端
控制端	
GND U	上臂 U 相的控制电源负侧输入端
V _{CC} U	上臂 U 相的控制电源正侧输入端
V _{IN} U	上臂 U 相的控制信号输入端
ALM U	保护电路动作时上臂 U 相的警报输出端
GND V	上臂 V 相的控制电源负侧输入端
V _{CC} V	上臂 V 相的控制电源正侧输入端
V _{IN} V	上臂 V 相的控制信号输入端
ALM V	保护电路动作时上臂 V 相的警报输出端

(续)

符号	功 能
控制端	
GND W	上臂 W 相的控制电源负侧输入端
V _{CC} W	上臂 W 相的控制电源正侧输入端
V _{IN} W	上臂 W 相的控制信号输入端
ALM W	保护电路动作时上臂 W 相的警报输出端
GND	下臂共用的控制电源负侧输入端
V _{CC}	下臂共用的控制电源正侧输入端
V _{IN} X	下臂 X 相控制信号输入端
V _{IN} Y	下臂 Y 相控制信号输入端
V _{IN} Z	下臂 Z 相控制信号输入端
V _{IN} DB	下臂制动相控制信号输入端
ALM	保护电路动作时下臂警报输出

3.5 型号与批号

【问 94】 东芝 IGBT 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 东芝 IGBT 的命名方法与规律见表 3-22。

表 3-22 东芝 IGBT 的命名方法与规律

举例：GT 60 M 3 03 A						
GT	表示分立式 IGBT					
60	表示集电极电流等级（直流）					
M	表示额定电压，对应数值如下：					
	字母	额定电压/V	字母	额定电压/V	字母	额定电压/V
	C	150	J	600	Q	1200
	D	200	K	700	R	1300
	E	250	L	800	S	1400
	F	300	M	900	T	1500
	G	400	N	1000	U	1600
	H	500	P	1100	V	1700
3	表示沟道类型： 1——表示 N 沟道 2——表示 P 沟道 3——表示 N 沟道，内置续流二极管					
03	表示编号					
A	表示版本					

【问 95】 斯达半导体的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 斯达半导体的 IGBT 的命名方法与规律见表 3-23。

表 3-23 斯达半导体的 IGBT 的命名方法与规律

举例：		GD 75 HF L 120 C1 S
GD	GD 表示为 IGBT 模块	
75	75 表示为标称电流，即 I_C ($T_{case} = 80^{\circ}\text{C}$)。例如 75 = 75 A	
HF	HF 表示为电路结构特征，其中： SG——表示为单管 HF——表示为半桥 FF——表示为三相桥	
L	L 表示为芯片特性，其中： L 系列属于低损耗快速 IGBT 系列，低导通压降，适合 20kHz 以下的开关频率 K 系列属于标准 IGBT 系列，适合中频，优化于适合 15 ~ 25kHz 的开关频率 U 系列属于超快速 IGBT 系列，开关损耗小，适合 20kHz 以上的开关频率	
120	120 表示耐压，需要注意该数值为耐压/10。例如 120 实际应为 1200V	
C1	C1 表示封装类型，其中： C1 = 94mm × 34mm × 30mm，CU Base C2 = 106mm × 62mm × 30mm，CU Base C5 = 107mm × 45mm × 17mm，CU Base C6 = 122mm × 62mm × 17mm，CU Base	
S	S 表示筛选等级，其中： S——表示工业级 H——表示高可靠性	

【问 96】 SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律见表 3-24。

表 3-24 SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律

举例：		SK M 100 G B 12 3 D
SK	SK 表示 SEMIKRON 的 IGBT	
M	表示应用技术或者模块结构： M——表示采用 MOS 技术 D——表示七单元模块（即三相整流 + IGBT 斩波器）	
100	表示集电极电流等级，条件 $T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ 时的 I_C ，单位为 A	
G	表示 IGBT 开关	

(续)

举例:		SK M 100 G B 12 3 D
B		表示线路的类型或者特点: A——表示线路为单只开关 AL——表示线路为斩波器模块 (即 IGBT + 集电极续流二极管) AR——表示线路为斩波器模块 (即 IGBT + 发射极续流二极管) AH——表示线路为非对称 H 桥 AX——表示线路为单只 IGBT + 集电极串联二极管 (反向阻断) AY——表示线路为单只 IGBT + 发射极串联二极管 (反向阻断) B——表示线路为两单元模块 (半桥) BD——表示线路为两单元模块 (半桥) + 串联二极管 (反向阻断) D——表示线路为六单元 (三相桥) DL——表示线路为七单元 (三相桥 + AL 斩波器) H——表示线路为单相全桥 M——表示线路为两只 IGBT 在集电极相连
12		表示集电极与发射极间电压等级 (V_{CE} 为型号中的数字 $\times 100$, 例如 $12 \times 100 = 1200V = V_{CE}$)
3		表示 IGBT 的系列号: 0——表示第 1 代产品 (1988 ~ 1991 年, 集电极额定电流为 $T_{case} = 80^{\circ}C$ 时的值) 1、2——表示第 1 代产品 (1992 ~ 1996 年, 集电极额定电流为 $T_{case} = 25^{\circ}C$ 时的值。600V 产品为集电极额定电流为 $T_{case} = 80^{\circ}C$ 时值) 3——表示第 2 代产品 (600V 与 1200V 为高密度 NPT 型 IGBT。1700V 为第 1 代 NPT 型 IGBT + CAL 二极管。600V 产品为集电极额定电流为 $T_{case} = 80^{\circ}C$ 时的值。1200V 与 1700V 产品为集电极额定电流为 $T_{case} = 25^{\circ}C$ 时的值) 4——表示高密度、低饱和压降 NPT 型 IGBT (1200V、1700V) 5——表示高密度、高速 NPT 型 IGBT (600V、1200V) 6——表示沟道式 NPT 型 IGBT
D		表示为特点: D——表示快回恢复二极管 K——表示 SEMIKRON 五号外壳带螺栓端子 L——表示六单元外壳带焊接端子 S——表示集电极检测端子 I——表示加强的反向二极管 (高功率输出)

SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律 2 见表 3-25。

表 3-25 SEMIKRON 的 IGBT 的命名方法与规律 2

举例:		SK 100 G B 12 3 x
SK		SK 表示 SEMIKRON 的 IGBT
100		表示集电极电流等级, 条件 $T_{case} = 25^{\circ}C$ 时的 I_C , 单位为 A
G		表示应用技术或者模块结构: G——表示 IGBT 开关 M——表示 MOSFET 开关

(续)

举例: SK 100 G B 12 3 x	
B	表示线路的类型或者特点: A——表示线路为单只开关 AL——表示线路为斩波器模块 (即 IGBT + 集电极续流二极管) AR——表示线路为斩波器模块 (即 IGBT + 发射极续流二极管) AH——表示线路为非对称 H 桥 B——表示线路为两单元模块 (半桥) BD——表示线路为两单元模块 (半桥) + 串联二极管 (反向阻断) D——表示线路为六单元 (三相桥) H——表示线路为单相全桥
12	表示集电极与发射极间电压等级 (V_{CE} 为型号中的数字 $\times 100$, 例如 $12 \times 100 = 1200V = V_{CE}$)
3	表示 IGBT 的系列号: 2——表示 PT 型 (仅 600V 产品) 3——表示高密度 NPT 型产品 4——表示高密度、低饱和压降 NPT 型 IGBT 5——表示高密度、高速 NPT 型 IGBT
x	特点 (没有定义)

【问 97】 西门子系列的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的?

【答】 西门子系列的 IGBT 的命名方法与规律见表 3-26。

表 3-26 西门子系列的 IGBT 的命名方法与规律

举例: BSM 100 GB 120 DN2	
BSM	表示类型: BSM——表示带反并联续流二极管 (FWD) 的 IGBT BYM——表示为二极管模块
100	表示 $T_{case} = 80^{\circ}C$ 时的额定电流
GB	表示种类: GA——表示一单元模块 GB——表示两单元模块 (半桥) GD——表示六单元模块 GT——表示三单元模块 GP——表示七单元模块 (功率集成模块) GAL——表示斩波模块 (斩波二极管靠近集电极) GAR——表示斩波模块 (斩波二极管靠近发射极)
120	表示额定电压: 额定电压 = 型号中的数字 $\times 10$ 。例如数值为 120 的额定电压 = $120 \times 10 = 1200V$
DN2	表示特点: DL——表示低饱和压降 DN2——表示高频型 DLC——表示带 (EmCon) 二极管的低饱和压降

【问 98】 英飞凌（优派克）系列的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 英飞凌（优派克）系列的 IGBT 的命名方法与规律见表 3-27。

表 3-27 英飞凌（优派克）系列的 IGBT 的命名方法与规律

举例：		FF	400	R	12	KE
FF	表示结构特点： FZ——表示一单元模块 FF——表示两单元模块（半桥模块） FP——表示七单元模块（功率集成模块） FD/DF——表示斩波模块 F4——表示四单元模块 FS——表示六单元模块 DD——表示二极管模块					
400	表示 $T_{\text{case}} = 80^{\circ}\text{C}$ 时的额定电流					
R	表示类型： R——表示逆导型 S——表示快速二极管					
12	表示额定电压 $\times 100$					
KE	表示特性： KF——表示高频型（主要在大模块上使用） KL——表示低饱和压降（主要在大模块上使用） KS——表示短拖尾高频型 KE——表示低饱和压降型 KT——表示低饱和压降高频型					

【问 99】 IR 的 IGBT 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 IR 的 IGBT 的命名方法与规律见表 3-28。

表 3-28 IR 的 IGBT 的命名方法与规律

举例：		GA	400	D D	120	K
GA	表示模块种类					
400	表示集电极连续直流电流					
D	表示内部连接方式，其中： T——表示桥臂连接 L——表示低端连接 H——表示高端连接 D——表示单管连接					
D	表示封装形式 A、S、D、A - A - PAK、DUAL - INT - A - PAK					
120	表示集电极与发射极间电压，为数值 $\times 10$ 。例如数值为 120 的集电极与发射极间电压 $= 120 \times 10 = 1200\text{V}$					
K	表示类型： U——表示超快速类型 K——表示具有短路能力的超快速类 NPT 型					

【问 100】 富士电机 IPM 的命名方法与规律是怎样的？

【答】 富士电机 IPM（智能功率模块）的命名方法与规律见表 3-29。

表 3-29 富士电机 IPM（智能功率模块）的命名方法与规律

举例：		7 MBP 50 RT A 060 -01
7	表示主元件数，其中： 7——表示内置制动电路 6——表示内无制动电路	
MBP	MBP 表示 IGBT 模块 IPM	
50	表示变频器（逆变器）额定电流，例如 50 表示为 50A	
RT	表示系列名，其中： R——表示为 R-IPM RT——表示为 R-IPM3 TE——表示为 Econo IPM	
A	表示系列的序列号	
060	表示耐压，例如： 060——表示耐压为 600V 120——表示耐压为 1200V	
-01	表示机型的序列号（有的可能没有此号码）	

【问 101】 富士电机 IPM 的批号命名方法与规律是怎样的？

【答】 富士电机 IPM（智能功率模块）的批号命名方法与规律见表 3-30。

表 3-30 富士电机 IPM（智能功率模块）的批号命名方法与规律

举例：		4 1 01
4	表示生产年份，例如 4 表示生产的产品为 2004 年	
1	表示生产月，其中： 1——表示为 1 月 2——表示为 2 月 3——表示为 3 月 4——表示为 4 月 5——表示为 5 月 6——表示为 6 月 7——表示为 7 月 8——表示为 8 月 9——表示为 9 月 0——表示为 10 月 N——表示为 11 月 D——表示为 12 月	
01	表示序列号（01~99）	

【问 102】 三菱电机 IGBT 模块命名方法与规律是怎样的？

【答】 三菱电机 IGBT 模块命名方法与规律见表 3-31。

表 3-31 三菱电机 IGBT 模块命名方法与规律

举例：

CM 300 D Y -24 NF

CM	表示模块种类： CM——表示为 IGBT 模块 PM——表示为 IPM 模块		
300	表示额定电流，例如 300 表示 $I_c = 300A$		
D	表示结线方式，例如有 H、D、E、T 等方式，具体有一单元、二单元、六合一、七合一。另外，E3 表示制动类型		
Y	表示外形与其他变化，例如有 D、E、F、Y 等		
-24	表示耐压等级：		
	耐压等级	V_{CES}/V	推荐输入交流电压/V
	12	600	220
	24	1200	440 ~ 480
NF	表示 IGBT 模块系列名。另外： F——表示 250V 沟槽栅结构 H——表示 H 系列		

【问 103】 三菱电机 IPM 模块命名方法与规律是怎样的？

【答】 三菱电机 IPM 模块命名方法与规律见表 3-32。

表 3-32 三菱电机 IPM 模块命名方法与规律

举例：		PM 600 H S A 120	
PM	表示模块种类，PM 表示为 IPM 模块		
600	表示额定电流，例如 600 表示 $I_C = 600A$		
H	表示结线方式，例如： H——表示一单元 D——表示二单元 C——表示六合一 R——表示七合一		
S	表示系列或者类型： S——表示第 3 代 V——表示 V 系列		
A	表示其他变化		
120	表示耐压等级， V_{CES} 为数值 $\times 10$ ，例如数值为 120 的 $V_{CES} = 120 \times 10 = 1200V$		

【问 104】 三菱电机 L1 系列 IPM 命名方法与规律是怎样的？

【答】 三菱电机 L1 系列 IPM 模块命名方法与规律见表 3-33。

表 3-33 三菱电机 L1 系列 IPM 模块命名方法与规律

举例:		PM 50 R L1A 060 -300
PM		表示模块种类, PM 表示为 IPM 模块
50		表示额定电流, 例如 50 表示 $I_C = 50A$, 75 表示 $I_C = 75A$
R		表示结线方式, 例如, R 表示 7 单元 (逆变器 + 制动); C 表示 6 单元 (逆变器)
L1A		表示封装, 有 L1、S1
060		表示耐压等级, V_{CES} 为数值 $\times 10$, 例如数值为 060 的 $V_{CES} = 60 \times 10 = 600V$
-300		规格数量 (不印在标签上)

【问 105】 三菱电机 IGBT 模块批号命名方法与规律是怎样的?

【答】 三菱电机 IGBT 模块批号命名方法与规律见表 3-34。

表 3-34 三菱电机 IGBT 模块批号命名方法与规律

举例:		N 8 4 AA1 G 001
N		表示 UL ID 代码 (仅指 UL 认定产品)
8		表示制造年份, 具体是年份的最后一位数, 例如 8 即为 2008
4		表示制造月份, 1~9 对应 1 月份~9 月份, 0 对应 10 月份, N 对应 11 月份, D 对应 12 月份
AA1		表示制造批量管理编号
G		G 表示符合 RoHS 标准规定
001		生产编号

3.6 故障与检测

【问 106】 IPM 损坏的原因有哪些?

【答】 IPM 损坏可能是内部 IGBT 部分损坏, 也可能是 FWD 部分损坏、控制电路损坏。不同内部部分损坏的原因速查见表 3-35。

表 3-35 不同内部部分损坏的原因速查

项目	类型	故障与原因速查
IGBT 部分损坏	RBSOA 脱离	上下臂短路——控制电路板异常 输出短路——负荷异常 通地——负荷异常
	栅极过电压	电动机再生运转——再生电路异常 电源电压过大——控制电源电路异常、输入电压异常 短路时的 OFF 动作——栅极驱动电路异常控制板异常 峰值电压——电源配线异常 过电压保护不动作——控制板异常 缓冲电路异常——缓冲电阻断线

(续)

项目	类型	故障与原因速查
IGBT 部分损坏	结温度上升过大	叠层的局部过热——冷却系统异常 过负荷——控制板异常、负荷异常 控制电源电压不足——门驱动电路异常、输入电路异常 浪涌电压大——缓冲电路异常 冷却风扇转速下降或停止——冷却风扇异常 热复合材料涂覆量不足——热复合材料涂覆量调整不足 散热片翘曲严重——散热片翘曲不良 散热器堵孔——防尘不良 输出短路——负荷异常 输入信号误动作——控制板异常、输入电路异常 通地——负荷异常 无信号时间不足——控制板异常 元件的紧固力不足——紧固扭矩不足 载波的增加——控制板异常
FWD 部分损坏		叠层的局部过热——冷却系统异常 反向恢复时的浪涌电压过大——缓冲电路异常、控制电源电路异常、控制板异常 过负荷——功率因数下降、控制板异常、负荷异常 冷却风扇转速下降或停止——冷却风扇异常 热复合材料涂覆量不足——热复合材料涂覆量调整不足 散热器堵孔——防尘不良 使用在变换器部时的充电电流较大——充电电路异常 输入信号误动作——输入信号电路异常、控制板异常 元件的紧固力不足——紧固扭矩不足
控制电路损坏		静电过大——防静电不足 控制电源电压过大——控制电源电路异常、电源稳定化、电容异常、电源配线较长等 输入部分过电压——控制电路异常 输入部分过电流——输入上拉电阻异常

【问 107】 变频器中 IGBT 的损坏原因有哪些？

【答】 变频器中的 IGBT（IGBT 模块）损坏的一些原因如下：

- 1) 变频器保养不好、散热器灰尘多、散热不畅、电路板太脏等影响散热效果的因素。
- 2) IGBT 模块的散热硅脂失效引起 IGBT（IGBT 模块）过热损坏。
- 3) 有的变频器 N 线不是地线，而误接成地线，引起 IGBT（IGBT 模块）损坏。
- 4) 驱动电路异常，引起烧坏 IGBT（IGBT 模块）。
- 5) 相关螺丝没有拧紧等。

【问 108】 IGBT 简易检测方法是怎样的？

【答】 首先把指针式万用表调到 $R \times 10k$ 档，然后红表笔接 E 极，黑表笔接 C 极时，正

常阻值应为无穷大。

如果用万用表的黑表笔触一下 IGBT 栅极，则 IGBT 模块的栅极—发射极可被触发导通，此时再测得 C、E 极间正向电阻应降为 $16\text{k}\Omega$ 左右。当栅极—发射极短接时，则 IGBT 模块的栅极—发射极可被关断。

也可以这样检测：首先把指针式万用表调到 $R \times 10\text{k}$ 档，红表笔接 E 极，黑表笔接 C 极，正常阻值应为无穷大。然后，用手指同时接触一下黑表笔与 G 极，则 C、E 极间阻值应立即降至 $110\text{k}\Omega$ 左右。

【问 109】 怎样检测双单元 IGBT？

【答】 双单元 IGBT 是由两只 IGBT 组成，如图 3-15 所示，图 3-15a 为单管 IGBT、图 3-15b 为双单元 IGBT、图 3-15c 为双单元 IGBT 实际外形。双单元 IGBT 检测的方法如下：

首先将万用表调到电阻 $R \times 10\text{k}$ 档，红表笔接 E（5 端或 7 端）极，黑表笔接 G（4 端或 6 端）极，给 G、E 极间充电。然后将万用表调到 $R \times 1\Omega$ 档，测量 C、E（1、2 端或 3、1 端）两端，正常正反向阻值均约为 10Ω 左右。如果黑表笔接 C 极，红表笔接 E 极，则 R_{CE} 为无穷大。如果阻值均为无穷大或者正反向阻值差别为零，说明 IGBT 已坏掉。

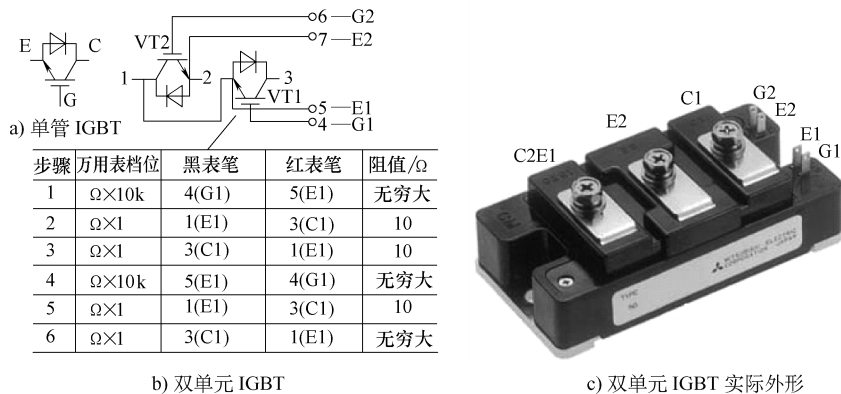


图 3-15 单管 IGBT 符号、双单元 IGBT 检测与双单元 IGBT 实际外形

3.7 其他

【问 110】 电动机应用 IGBT 模块选型速查是怎样的？

【答】 电动机应用 IGBT 模块选型速查见表 3-36。

表 3-36 电动机应用 IGBT 模块选型速查

IGBT 模块	额定值 (I_C/V_{CES})	适用电动机
PS21562 - P	5A/600V	0.2kW/AC220V
PS21563 - P	10A/600V	0.4kW/AC220V
PS21564 - P	15A/600V	0.75kW/AC220V
PS21661 - FR	3A/600V	0.1kW/AC220V
PS21661 - RZ	3A/600V	0.1kW/AC220V
PS21865 - P/- AP	20A/600V	1.5kW/AC220V

(续)

IGBT 模块	额定值 (I_C/V_{CES})	适用电动机
PS21867 - P/ - AP	30A/600V	2. 2kW/AC220V
PS21869 - P/ - AP	50A/600V	3. 7kW/AC220V
PS21962/ - A/ - C/ - S	5A/600V	0. 4kW/AC220V
PS21963/ - A/ - C/ - S	10A/600V	0. 75kW/AC220V
PS21963 - E/ - AE/ - CE/ - SE	8A/600V	0. 75kW/AC220V
PS21964/ - A/ - C/ - S	15A/600V	0. 75kW/AC220V
PS21965/ - A/ - C/ - S	20A/600V	1. 5kW/AC220V
PS21A79	50A/600V	3. 7kW/AC220V
PS21A7A	75A/600V	5. 5kW/AC220V

注：适用电动机是指适用于一般工业通用变频器的电动机额定容量。

【问 111】 富士电机 IGBT 模块引脚功能速查是怎样的？

【答】 富士电机 IGBT 模块引脚功能速查见表 3-37。

表 3-37 富士电机 IGBT 模块引脚功能速查

R	P610	P611	P612	P617	P619	P621	P622
GND U	1	1	1	1	1	1	1
V_{CC} U	3	3	3	3	3	4	4
V_{IN} U	2	2	2	2	2	3	3
ALM U	—	—	—	—	—	2	2
GND V	4	4	4	4	4	5	5
V_{CC} V	6	6	6	6	6	8	8
V_{IN} V	5	5	5	5	5	7	7
ALM V	—	—	—	—	—	6	6
GND W	7	7	7	7	7	9	9
V_{CC} W	9	9	9	9	9	12	12
V_{IN} W	8	8	8	8	8	11	11
ALM W	—	—	—	—	—	10	10
GND	10	10	10	10	10	13	13
V_{CC}	11	11	11	11	11	14	14
V_{IN} X	13	13	13	12	12	16	16
V_{IN} Y	14	14	14	13	13	17	17
V_{IN} Z	15	15	15	14	14	18	18
V_{IN} DB	12	12	12	—	—	15	15
ALM	16	16	16	15	15	19	19

【问 112】 英飞凌的 IGBT4 - T4 与 IGBT4 - T3 产品对应的替代是怎样的？

【答】 英飞凌的 IGBT4 - T4 与 IGBT4 - T3 产品对应的替代见表 3-38。

表 3-38 英飞凌的 IGBT4 – T4 与 IGBT4 – T3 产品对应的替代

封 装	举 例		备 注
	IGBT4 – T4	IGBT4 – T3	
EasyPIM 封装	FP10R12W1T4	FP10R12W1T3	IGBT4 比 IGBT3 具有更多的型号
	FP15R12W1T4	FP15R12W1T3	
Easypack 封装	FS25R12W1T4	FS25R12YT3	封装的形式还是有区别, IGBT4 有更大功率等级的型号
	FS35R12W1T4	FS35R12YT3	
EconoPIM	FP35R12KT4、FP35R12KT4_B11	FP40R12KT3、FP40R12KT3G	封装管脚可能存在差别
	FP50R12KT4、FP50R12KT4_B11	FP50R12KT3	
	FP75R12KT4、FP75R12KT4_B11	FP75R12KT3	
EconoPACK	FS50R12KT4_B15、 FS50R12KT4_B11	FS50R12KT3	
	FS75R12KT4_B15、 FS75R12KT4_B11	FS75R12KT3/G	
	FS100R12KT4G_B11	FS100R12KT3	
	FS150R12KT4_B11	FS150R12KT3	
EconoPACKTM +	FS225R12KE4	FS225R12KE3	
	FS300R12KE4	FS300R12KE3	
	FS450R12KE4	FS450R12KE3	
	FS225R17KE4	FS225R17KE3	
	FS300R17KE4	FS300R17KE3	
	FS450R17KE4	FS450R17KE3	
EconoDUALTM	FF225R12ME4	FF225R12ME3	
	FF300R12ME4	FF300R12ME3	
	FF450R12ME4	FF450R12ME3	
	FF150R12MT4	FF150R12MS4G	
	FF225R17ME4	FF225R17ME3	
	FF300R17ME4	FF300R17ME3	
	FF450R17ME4	FF450R17ME3	
IHM	FZ1200R12HP4	FZ1200R12KE3	
	FZ1600R12HP4	FZ1600R12KE3	
	FZ2400R12HP4	FZ2400R12KE3	
	FZ3600R12HP4	FZ3600R12KE3	
	FZ1200R17HP4	FZ1200R17KE3	
	FZ1600R17HP4	FZ1600R17KE3	
	FZ2400R17HP4	FZ2400R17KE3	
	FZ3600R17HP4	FZ3600R17KE3	
	FZ1200R17HP4_B2	FZ1200R17KE3_B2	
	FZ1600R17HP4_B2	FZ1600R17KE3_B2	
	FZ1800R17HP4_B2	FZ1800R17KE3_B2	
	FZ2400R17HP4_B2	FZ2400R17KE3_B2	
	FZ3600R17HP4_B2	FZ3600R17KE3_B2	

【问113】 三菱电机 IGBT 模块、整流二极管适用相应电动机、变频器（通用）速查是怎样的？

【答】 三菱电机 IGBT 模块、整流二极管适用相应电动机、变频器（通用）速查见表 3-39、见表 3-40。

表 3-39 三菱电机 IGBT 模块、整流二极管适用相应电动机、变频器（通用）速查（AC440V）

适配电机/kW	变频器用 IGBT 模块			整流器用二极管
	NF 系列	F 系列	U 系列	
5.5	CM50TL/RL-24NF	CM50TU-24F	CM50TU-24H CM50DU-24H×3	RM15TA-2H
7.5	CM50TL/RL-24NF	CM50TU-24F	CM50TU-24H CM50DU-24H×3	RM20TA-2H
11	CM75TL/RL-24NF	CM75TU-24F	CM75TU-24H CM75DU-24H×3	RM50TC-2H
15	CM75TL/RL-24NF	CM100TU-24F	CM100TU-24H CM100DU-24H×3	RM30DZ-2H×3
18.5	CM100DY-24A×3	CM150DU-24F×3	CM150DU-24H×3	RM60DZ-2H×3
22	CM100DY-24NF×3 CM100DY-24A×3 CM100TL/RL-24NF	CM150DU-24F×3	CM150DU-24H×3	RM60DZ-2H×3 RM50TC-2H
30	CM150DY-24NF×3 CM150DY-24A×3 CM200TL/RL-24NF	CM200DU-24F×3	CM200DU-24H×3	RM60DZ-2H×3
37	CM200DY-24NF×3 CM200DY-24A×3 CM200TL/RL-24NF	CM200DU-24F×3	CM200DU-24H×3	RM60DZ-2H×3
45	CM200DY-24NF×3 CM200DY-24NF×3 CM200TL/RL-24NF	CM300DU-24F×3	CM300DU-24H×3	RM100DZ-2H×3
55	CM300DY-24NF×3 CM300DY-24A×3	CM300DU-24F×3	CM300DU-24H×3	RM150DZ-2H×3
75~90	CM400DY-24NF×3 CM400DY-24A×3 CM400HA-24A×6	CM400HU-24F×6	CM400HU-24H×6	RM150DZ-2H×3
110	CM600DY-24NF×3 CM600DY-24A×3 CM600HA-24A×6 CM600HB-24A×6	CM600HU-24F×3 CM600HU-24F×6	CM600HU-24H×6	RM250DZ-2H×3

表 3-40 三菱电机 IGBT 模块、整流二极管适用相应电动机、变频器（通用）速查（AC220V）

适配电机/kW	变频器用 IGBT 模块			整流器用二极管
	NF 系列	F 系列	U 系列	
5.5	CM75TL/RL - 12NF	CM75TU - 12F	CM75TU - 12H CM75DU - 12H × 3	RM30TB - H
7.5	CM75TL/RL - 12NF	CM75TU - 12F	CM100TU - 12H CM100DU - 12H × 3	RM30TA - H
11	CM100TL/RL - 12NF	CM100TU - 12F	CM100TU - 12H CM100DU - 12H × 3	RM50TC - H RM60DZ - H × 3
15	CM150DY - 12NF × 3 CM150TL/RL - 12NF	CM150TU - 12F	CM150TU - 12H CM150DU - 12H × 3	RM75TC - H RM60DZ - H × 3
18.5	CM200TL/RL - 12NF CM200DY - 12NF × 3	CM200TU - 12F	CM200TU - 12H CM200DU - 12H × 3	RM60DZ - H × 3
22	CM200TL/RL - 12NF CM200DY - 12NF × 3	CM300DU - 12F × 3	CM300DU - 12H × 3	RM100DZ - H × 3
30	CM300DY - 12NF × 3	CM300DU - 12F × 3	CM300DU - 12H × 3	RM100DZ - H × 3
37	CM400DY - 12NF × 3	CM400DU - 12F × 3	CM400DU - 12H × 3	RM150DZ - H × 3
45	CM400DY - 12NF × 3	CM400DU - 12F × 3	CM600HU - 12H × 6	RM150DZ - H × 3
55	CM600DY - 12NF × 3	CM600DU - 12F × 3 CM600HU - 12F × 3	CM600HU - 12H × 6	RM250DZ - H × 3

【问 114】 三菱电机 IGBT 模块接线方式与 infineon 接线方式的对应速查是怎样的？

【答】 三菱电机 IGBT 模块接线方式与 infineon 接线方式的对应速查见表 3-41。

表 3-41 三菱电机 IGBT 模块接线方式与 infineon 接线方式的对应速查

接线方式	三菱 IGBT 模块	Infineon 的 IGBT 模块
1 单元	H	FZ/GA
1 单元 + 斩波二极管	ES	FD、DE/GAL、GAR
2 单元（半桥模块）	D	FF/GB
4 单元（H 桥）	B	F4
6 单元（三相全桥）	T	FS/GD
PIM 功率模块（6 单元 + 制动单元）	R	GP/FP

【问 115】 IGBT 驱动专用集成电路的分类有哪些？

【答】 IGBT 驱动专用集成电路见表 3-42。

表 3-42 IGBT 驱动专用集成电路

分类	种类	举 例
通用型	4 回路	VLA514U - 01R
	2 回路	GAU205P - 15252、GAU205S - 15252、GAU212P - 15255、GAU212S - 15255、M57962K - 01R

(续)

分类	种类	细分1	细分2	举 例
混合集成电路	光耦合器隔离	没有保护功能	VLA507 - 01R、VLA513 - 01R	
		有保护功能	内置电源	VLA500 - 01R、VLA500K - 01R、 VLA502 - 01R、M57161L - 01R
			没有内置电源	VLA503 - 01R、VLA504 - 01R、 VLA531 - 01R、M57159L - 01R、 M57160AL - 01R、M57959AL - 01R、 M57962AL - 01R、M57962CL - 01R、 M57962K01R
	变压器隔离	M57174BL - 06B、M57174AL - 06B、M57174L 03		

【问 116】 IGBT 驱动专用集成电路适用 IGBT 驱动模块速查是怎样的？

【答】 IGBT 驱动专用集成电路适用 IGBT 驱动模块速查见表 3-43。

表 3-43 IGBT 驱动专用集成电路适用 IGBT 驱动模块速查

型 号	驱动模块范围	
	1200V 以下的 IGBT	1700V 的 IGBT
2SD106AI	≤400A	
2SD106AI - 17		≤400A
2SD315AI		≤1200A
6SD106EI	≤400A	
6SD106EI - 17		≤400A
M57962AL	≤400A	≤400A (可靠性差)
M57962K - 01	≤400A	≤400A
M57962K - 01R		≤400A
VLA500K - 01R		≤1000A
VLA502 - 01R	≤600A	
型 号	驱动模块范围	
	600V 以下的 IGBT	1200V 以下的 IGBT
GAU205P - 15252		≤400A
GAU205S - 15252		≤400A
GAU212P - 15255		≤1400A
GAU212S - 15255		≤1400A
M57159L - 01R	≤150A	
M57174AL - 06B		≤50A
M57174BL - 06B	≤50A	
M57174L - 03		≤50A

(续)

型 号	驱动模块范围	
	600V 以下的 IGBT	1200V 以下的 IGBT
M57957L	≤100A	≤50A
M57958L	≤400A	≤200A
M57958L (含 Booster)	≤600A	≤1000A
M57959AL - 01R	≤200A	
M57959L	≤100A	≤50A
M57962AL - 01R		≤400A
M57962L	≤400A	≤200A
M57962L (含 Booster)	≤600A	≤1000A
VLA500 - 01R		≤1400A
VLA503 - 01R		≤400A
VLA504 - 01R	≤200A	
VLA507 - 01R	≤200A	
VLA513 - 01R	≤400A	
VLA531 - 01R	≤200A	
VLA536	400A	450A

另外, VLA606 - 01R 为 IPM 驱动专用集成电路。

【问 117】 GH - 038IGBT 驱动专用集成电路是怎样的?

【答】 GH - 038 可直接驱动 300A、600V 以内的 IGBT, 其具有内置高速光耦合器, 隔离电压可高达 AC2500V, 单电源工作等特点。

GH - 038 采用 8 脚封装, 对外引出 6 个引脚, 具体引脚功能见表 3-44。

表 3-44 GH - 038 引脚功能

脚序	符号	说 明
1	V_{IN-}	驱动脉冲输入负端
2	V_{IN+}	驱动脉冲输入正端
5	E	驱动脉冲输出参考地端
6	V_{CC}	驱动脉冲输出级电源端
7	U_O	驱动脉冲输出端
8	GND	驱动输出级电源地端

GH - 038 主要参数见表 3-45。

表 3-45 GH - 038 主要参数

参 数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
“低电平 L→高电平 H” 传输延迟时间	T_{PLH}	$V_{CC} = 26.0V \quad I_F = 10mA$			1.5	μs
“高电平 H→低电平 L” 传输延迟时间	T_{PHL}	$V_{CC} = 26.0V \quad I_F = 10mA$			1.5	μs
电源电压	V_{CC}		23	26	28	V

(续)

参 数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
反向驱动电流	I_{G2}	脉宽 2μs, 占空比 0.05 以下		4	6	A
临界电压上升率	dv/dt		15k	30k		V/μs
上升时间	t_r	$V_{CC} = 26.0V$ $I_F = 10mA$			1	μs
输出反向驱动电压	V_{RB}	$V_{CC} = 26.0V$	7	8	9	V
输出正向驱动电压	V_{OH}	$V_{CC} = 26.0V$	16	18	19	V
输入电流	V_{IN}	$V_{IN} = 5.0V$	9	10	12	mA
输入电压	V_{IN}			5	7	V
下降时间	t_f	$V_{CC} = 26.0V$ $I_F = 10mA$			1	μs
正向驱动电流	I_{G1}	脉宽 2μs, 占空比 0.05 以下		4	6	A
输入、输出间耐压	V_{iso}	AC、50/60Hz、1min	交流 2500			V
工作温度	T_{OP}		-25 ~ +80			℃
贮存温度	T_{stg}		-40 ~ +125			℃

【问 118】 TX - KC101 型 IGBT 驱动专用集成电路是怎样的？

【答】 TX - KC101 为 IGBT 驱动器，可驱动 200A/1200V 或 400A/600V 的 IGBT 一只。TX - KC101 具有无需隔离的辅助电源，关断时输出为负电平，工作占空比为 5% ~ 95%，可按默认值直接使用，也可根据需要自行设置过电流动作电压、死区时间、软关断的速度和故障后再次启动的时间等特点。

TX - KC101 引脚功能见表 3-46。

TX - KC101 原理框图如图 3-16 所示。

表 3-46 TX - KC101 引脚功能

脚序	说 明
1、2	信号输入端
3、4	空脚端
5	故障信号输出端
6	过电流时集电极发射极电压设置端
7	盲区时间设定端
8	驱动器内部参考地端
9	短路保护后再次启动时间设定端
10	软关断时间设定端
11	IGBT 电流检测端
12	驱动器内部正电源端
13	驱动器内部负电源端
14	驱动器输出端，接 IGBT 的发射极
15	驱动器输出正信号端，接 IGBT 的栅极
16	驱动器输出负信号端，接 IGBT 的栅极

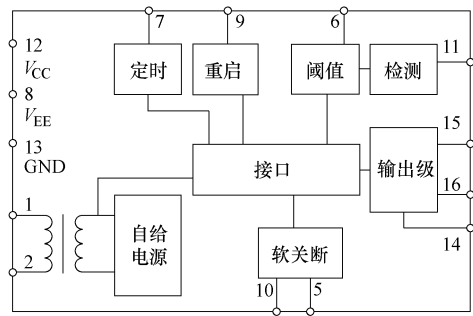


图 3-16 TX-KC101 原理框图

TX-KC101 电性能参数（除另有指定外，均为在以下条件时测得： $T_a = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_i = 15\text{V}$ ， $f_{\text{op}} = 50\text{kHz}$ ）见表 3-47。

表 3-47 TX-KC101 电性能参数

参 数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入脉冲幅值	V_i		12	15	15.5	V
输入电流	I_{IN}	$C_L = 0$		30		mA
输出电压	V_{oh}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 57\text{nF}$	14	14.5	15	V
	V_{ol}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 57\text{nF}$	-8	-8.5	-11	V
输出峰值电流	I_{ohp}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 57\text{nF}$		5		A
	I_{olp}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 57\text{nF}$		5		A
保护动作阈值	V_n			6.8		V
保护盲区	T_{blind}		0.5			μs
贮存温度	T_{st}		-50		120	$^{\circ}\text{C}$
工作频率	f_{op}	$C_L = 57\text{nF}$	20		80	kHz
工作温度	T_{op}	$f_{\text{op}} = 25\text{kHz}$ ， $C_L = 47\text{n}$	-30		90	$^{\circ}\text{C}$
故障后再启动时间	T_{rst}			1.2	10	ms
故障信号延迟	T_{flt}			0.2		μs
绝缘电压	V_{iso}	50Hz、1min		3500		V
软关断时间	T_{off}		1			μs
上升时间	T_r	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 47\text{nF}$		0.3	0.4	μs
上升延迟	T_{rd}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 47\text{nF}$		0.25	0.3	μs
输出故障信号电流	I_{flt}			8	18	mA
输出总电荷	Q_{OUT}			1200	1600	nC
下降时间	T_f	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 47\text{nF}$		0.25	0.35	μs
下降延迟	T_{fd}	$R_G = 2.2\Omega$ ， $C_L = 47\text{nF}$		0.2	0.25	μs
最大工作脉宽	$T_{\text{on max}}$	$C_L = 57\text{nF}$	0.9			μs
最小工作脉宽	$T_{\text{on min}}$	$C_L = 57\text{nF}$	0.9			μs

【问 119】 有关中英文对照速查是怎样的？

【答】 有关中英文对照速查见表 3-48。

表 3-48 有关中英文对照速查

英 文	中 文
Absolute Maximum Ratings	绝对最大额定值
BJT	双极型晶体管
CAL	轴向寿命可控
CBI	整流 - 斩波 - 逆变
CIB	整流 - 逆变 - 制动结构
CMR	输入输出间共模电压的最大上升率
COLLECTOR	集电极
CSTBT™	载流子贮存式沟道栅型双极晶体管
CTR	转换效率
DIP IPM	双列直插式智能功率模块
DMOS	双扩散形成的金属 - 氧化物 - 半导体
DSC	数码照相机
EMI	电磁辐射
EMITTER	发射极
Field Stop (简称 FS)	场终止、场截止、电场截止
FOM	优良指数
FRD	快速恢复二极管
FWD、FWDi	续流二极管
GATE	栅极
HVIC	高压集成电路
IEGT	电子注入增强栅晶体管
IH	电磁感应加热
IPM	智能功率模块
Latch - up	门锁
LPT	弱穿通、轻穿通
MOTOR	电动机
NPT (Non Punch Through)	非击穿、非击通、非穿通
Pb - free	无铅
PC (Opto - coupler)	光耦
PFC	功率因数校正电路
planar	平面型
PT (Punch Through)	击穿、击通、穿通
RB	反向阻断
RBSOA	反向偏置安全工作
RC	反向导通
RC - IGBT	反向传导 IGBT

(续)

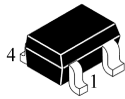
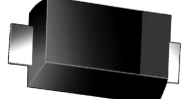
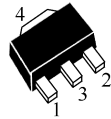
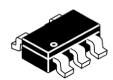
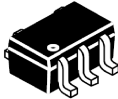
英 文	中 文
SCSOA	短路安全工作区
SDB – IGBT	硅片直接键合的 IGBT
SMPS	开关电源
SOA	安全工作区
Solar Inverters	太阳能逆变器
SPIC	功率集成电路
SPM	智能功率模块
SPT	软穿通
SSPIC	智能功率集成电路
strip	带
Strobe	电子闪光灯
tdead	上、下臂晶体管没有导通信号间的时间
Thunderbolt IGBT	霹雳型 IGBT
trench	沟槽型
Trench gate	沟道栅
Trench – FS IGBT	沟槽 – 场截止 IGBT
U – IGBT	沟槽结构的 IGBT
UPS	不间断电源
Welder	电焊机
ZVS	零电压开关

第 4 章 贴片元器件

【问 1】 贴片分立元器件的封装形式有哪些？

【答】 贴片分立元器件包括贴片分立元件与贴片分立器件。其中，贴片分立器件的封装与微小贴片 IC（集成电路）的封装有一部分容易混淆。因此，特列举的一些贴片分立器件的封装（具体见表 4-1），贴片分立元件的封装以及其识读技法技巧读者可以参考机械工业出版社已经出版的《图解贴片元器件技能·技巧问答》一书。

表 4-1 贴片分立元器件的封装形式

				
DO-218	ESC	ESM	SC-82AB	VSC
				
MR	SMA1	SMA2	SOD-123	USC
				
SMB	SMC	SMF	SOT89-4	USF
				
TESV	TFSC	TSOP-6	VSM	TSOP5
				
TSQ	TVSM	US6	SC70-5	US8
				
USM	USQ			

其中，一些封装形式还可以细分，例如 SC70 封装根据引脚数不同，可以分为 SC70-3、SC70-4、SC70-5、SC70-6。

【问 2】 二极管的识读技法是怎样的？

【答】 插件等大体积的二极管的型号标志一般是用型号直接标注，例 KEC 的 TO-220IS 封装的 B20A100VIC 的标志识读技法如图 4-1 所示。

贴片二极管往往属于小体积的封装，一般不能够在其封装上完整标注，因此，一般采用简单代码来标注。以下列举一些贴片二极管识读技法，供大家举一反三。

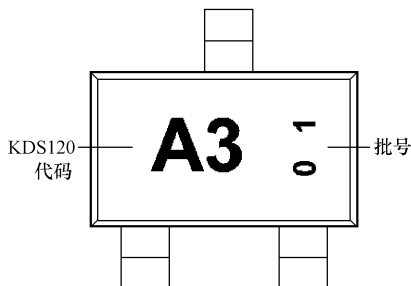
1. USM 封装

USM 封装外形尺寸为 $(2.00 \pm 0.20)\text{mm} \times (2.10 \pm 0.20)\text{mm}$ ，因此，该类型封装的贴片二极管的型号标志一般采用代码标注，其上往往还具有日期批号。例如，KEC 的 USM 封装的 KDS120 识读技法见表 4-2。

表 4-2 KEC 的 USM 封装的 KDS120 识读技法

字符排列	第 1 字符	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	0 (J)
	第 2 字符	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)	G (7)	H (8)	I (9)	J (0)
年份		标识（周）					周期（年）			备注	
第 1 年（2006）		01	02	...	51	52	2006 – 2010 – 2014...			四年轮换	
第 2 年（2007）		0A	0B	...	5A	5B	2007 – 2011 – 2015...				
第 3 年（2008）		J1	J2	...	E1	E2	2008 – 2012 – 2016...				
第 4 年（2009）		JA	JB	...	EA	EB	2009 – 2013 – 2017...				

图例：(KDS120)



2. SMA 封装

SMA 封装尺寸为 $(5.0 \pm 0.30)\text{mm} \times (2.6 \pm 0.20)\text{mm}$ ，因此，该类型封装的贴片二极管的型号标志一般采用代码标注，其上往往还具有日期批号。例如，KEC 的 SMA 封装的 GN1G 识读技法如图 4-2 所示。

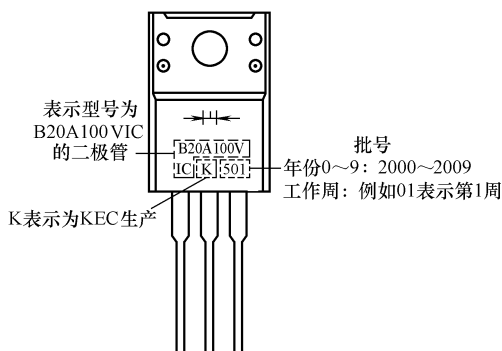


图 4-1 TO-220IS 封装的 B20A100VIC 的标志识读技法

3. ESC 封装

ESC 封装封装尺寸为 $(1.6 \pm 0.10)\text{mm} \times (0.8 \pm 0.10)\text{mm}$ ，因此，该类型封装的贴片二极管的型号标志一般采用代码标注，因体积较小该类型封装的贴片二极管往往不具有日期批号。例如，KEC 的 ESC 封装 KDR367E 识读技法如图 4-3 所示。

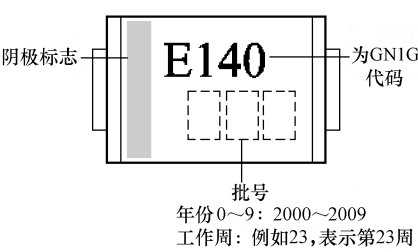


图 4-2 KEC 的 SMA 封装 GN1G 的识读技法

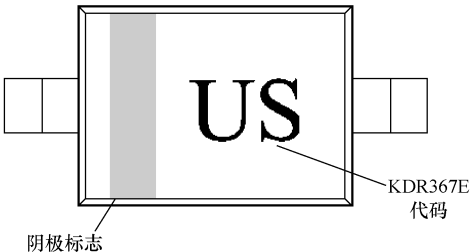


图 4-3 KEC 的 ESC 封装 KDR367E 的识读技法

4. TFSC 封装

TFSC 封装尺寸为 $(1 \pm 0.05)\text{mm} \times (0.6 \pm 0.05)\text{mm}$ ，应体积较小，因此其标志往往只有型号代码，而没有日期批号。

5. 其他封装

USC 封装、SOT23、USQ 等稍微大一点的封装其标志具有型号代码外，往往还具有日期批号。

当然，贴片二极管还有其他封装，其标志与上述封装的标志情况相差不大。

6. 特殊二极管

特殊二极管可能还具有特殊代码。例如有些稳压二极管具有稳压等级代码，如图 4-4 所示。

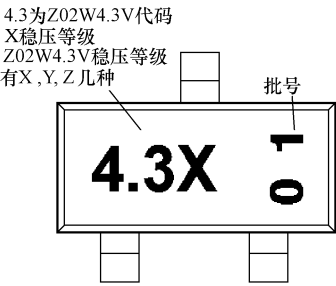


图 4-4 稳压二极管的稳压等级代码

7. 二极管型号标志

二极管型号标志举例见表 4-3。

表 4-3 二极管型号标志举例

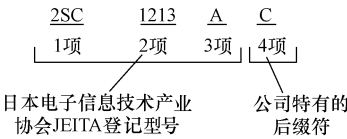
代 码	型 号	封 装	代 码	型 号	封 装
36Y	BZV49C36	SOT89 - 4	Y8	BZV49C22	SOT89 - 4
W8	BZV49C3V9	SOT89 - 4	Y9	BZV49C24	SOT89 - 4
X5	BZV49C39	SOT89 - 4	Z3	BZV49C5V6	SOT89 - 4
X6	BZV49C43	SOT89 - 4	Z4	BZV49C6V2	SOT89 - 4
Y5	BZV49C16	SOT89 - 4	Z7	BZV49C8V2	SOT89 - 4

【问 3】 晶体管的识读技法是怎样的？

【答】 大体积的晶体管其型号标注一般直接采用型号书写或者与型号有关但稍微精简一些的标注，有些还具有厂家标志和生产日期。例如，瑞萨科技公司普通晶体管的命名方法见表 4-4，则其大体积晶体管往往会直接标注 2SCXXXX、2SAXXXXX、XXXX 等。

表 4-4 瑞萨科技公司普通晶体管的命名方法

例如：



1 项	表示晶体管的种类、极性和用途等，主要的文字与类别如下	
	1 项文字	晶体管的种类
	2SA	PNP 高频晶体管
	2SB	PNP 低频晶体管
	2SC	NPN 高频晶体管
	2SD	NPN 低频晶体管
	2SJ	P 沟道场效应晶体管
	2SK	N 沟道场效应晶体管
	3SK	有两个栅极的 N 沟道场效应晶体管
2 项	根据登录顺序，为第 1 项中区分开的各个类别提供大于等于 11 的序号，即 JEITA 登录号码	
3 项	该项表示第 2 项以前命名的晶体管的更改，根据更改顺序记录为 A、B、C……一般，更改后的晶体管可以替换更改前的，但反之则不行	
4 项	对于同一品种中以特性等来分类的晶体管，加 A、B、C 等文字或数字来进行分类	

贴片晶体管因体积小，其封装表面难以完整记载型号、日期、厂标等信息，因此，贴片晶体管的型号标注往往采用代码标注。例如，表 4-5 就是一些贴片晶体管的型号标注代码。

表 4-5 一些贴片晶体管的型号标注代码

代码	型 号	封装	代码	型 号	封装
053	FCX1053ATA	SOT89 - 4	AG	BCX52 - 10	SOT89 - 4
053	FCX1053ATA	SOT89 - 4	AH	BCX53	SOT89 - 4
053	FCX1053ATA	SOT89 - 4	AK	BCX53 - 10	SOT89 - 4
1C7	ZXTN25060BZTA	SOT89 - 4	AL	BCX53 - 16	SOT89 - 4
955	ZX5T955ZTA	SOT89 - 4	BT1	BS15	SOT89 - 4
955	ZXTP2014ZTA	SOT89 - 4	CAC	BC868	SOT89 - 4

有些贴片晶体管标志除了型号标注代码外，还有日期批号、 h_{FE} 等级代码等。例如，2SA1664 为 SOT89 - 4 封装，其不同的 h_{FE} 等级，则具有不同的代码。该 h_{FE} 等级代码与型号代码共同组成 2SA1664 系列的标志代码，具体见表 4-6。

表 4-6 2SA1664 系列的标志代码

等级	O	Y
范围	100 ~ 200	160 ~ 320
标志代码	RO	RY

当然，贴片晶体管还有其他封装，其标志与上述封装的标志情况相差不大。

【问 4】 场效应晶体管的识读技法是怎样的？

【答】 场效应晶体管具有一定的命名方法。例如瑞萨科技公司的场效应晶体管命名方法见表 4-7。

表 4-7 瑞萨科技公司场效应晶体管命名方法

类 型	图 例								
内置偏压电路的双栅极场效应晶体管	表示内置偏压电路的双栅极场效应晶体管 <table><tr><th>应用频带</th><th>号码</th></tr><tr><td>UHF 用</td><td>由 101 开始的序号</td></tr><tr><td>VHF 用</td><td>由 301 开始的序号</td></tr><tr><td>UHF/VHF 两用</td><td>由 501 开始的序号</td></tr></table> 表示封装 M: MPAK-4 C: CMPAK-4 小型面贴封装，其型号通过符号来表示。作为标记显示于实际产品上	应用频带	号码	UHF 用	由 101 开始的序号	VHF 用	由 301 开始的序号	UHF/VHF 两用	由 501 开始的序号
应用频带	号码								
UHF 用	由 101 开始的序号								
VHF 用	由 301 开始的序号								
UHF/VHF 两用	由 501 开始的序号								
双 BBFET 命名方法	表示双 BBFET (内置有两个 BBFET 功能的晶体管) 该项为从 1001 开始依次命名的序号 小型面贴封装，其型号通过符号来表示。作为标记显示于实际产品上								

大体积的场效应晶体管其实物标注往往直接或者间接把型号标注其上（例如场效应晶体管 KTK161 标志如图 4-5 所示）。但是，贴片小体积的场效应晶体管其标注往往会采用一些代码来标注。

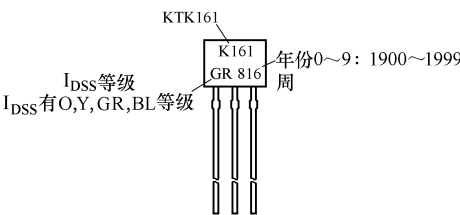
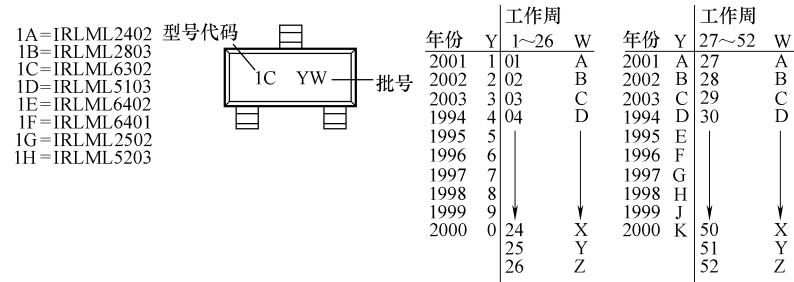


图 4-5 TO-92M 封装的场效应晶体管 KTK161 标志识读

1. SOT23-3、TO236AB

SOT23-3、TO236AB 是贴片分立元器件中常见的封装，其封装外形尺寸为 $(2.93 \pm 0.20) \text{mm} \times (2.4 \pm 0.20) \text{mm}$ ，贴片场效应晶体管一部分采用该类型封装。该类型封装的标志一般是采用型号代码、日期批号等标注。例如 IR 公司的 IRLML2402 系列的 SOT23-3、TO236AB 标志识读技法如图 4-6 所示。



以上是 IR 公司的 2001 年 26 周前的 IRLML2402 系列的 SOT23 - 3、TO236AB 标志产品。2001 年 26 周之后的 IRLML2402 系列的 SOT23 - 3、TO236AB 标志识读技法如图 4-7 所示。

型号代码	Y-年份 W-工作周	年份 Y	工作周 1~26 W	年份 Y	工作周 27~52 W
A=IRLML2402	AY W LC	2001 1	01 A	2001 A	27 A
B=IRLML2803		2002 2	02 B	2002 B	28 B
C=IRLML6302		2003 3	03 C	2003 C	29 C
D=IRLML5103		2004 4	04 D	2004 D	30 D
E=IRLML6402		2005 5		2005 E	
F=IRLML6401		2006 6		2006 F	
G=IRLML2502		2007 7		2007 G	
H=IRLML5203		2008 8		2008 H	
I=IRLML0030		2009 9		2009 J	
J=IRLML2030		2010 0	24 X	2010 K	50 X
K=IRLML0100			25 Y		51 Y
L=IRLML0060			26 Z		52 Z
M=IRLML0040					

图 4-7 2001 年 26 周之后的 IRLML2402 系列标志识读技法

2. Micro6™

Micro6™ 属于微小封装，其标志往往采用型号代码、日期批号等标注。例如，场效应晶体管 IRLMS1902 系列标志识读技法如图 4-8 所示。

型号代码	2A YW	日期代码	年份 Y	工作周 1~26 W	年份 Y	工作周 27~52 W
2A=IRLMS1902			2001 1	01 A	2001 A	27 A
2B=IRLMS1503			2002 2	02 B	2002 B	28 B
2C=IRLMS6702			2003 3	03 C	2003 C	29 C
2D=IRLMS5703			2004 4	04 D	2004 D	30 D
2E=IRLMS6802			2005 5		2005 E	
2F=IRLMS4502			1996 6		1996 F	
2G=IRLMS2002			1997 7		1997 G	
2H=IRLMS6803			1998 8		1998 H	
			1999 9		1999 J	
			2000 0	24 X	2000 K	50 X
				25 Y		51 Y
				26 Z		52 Z

图 4-8 IRLMS1902 系列标志识读技法

以上是 2001 年 26 周之前的 IRLMS1902 系列的 Micro6™ 标志产品。2001 年 26 周之后的 IRLMS1902 系列的 Micro6™ 标志识读技法如图 4-9 所示。

型号代码	Y-年份 W-工作周	年份 Y	工作周 1~26 W	年份 Y	工作周 27~52 W
A=IRLMS1902	AY W LC	2001 1	01 A	2001 A	27 A
B=IRLMS1503		2002 2	02 B	2002 B	28 B
C=IRLMS6702		2003 3	03 C	2003 C	29 C
D=IRLMS5703		2004 4	04 D	2004 D	30 D
E=IRLMS6802		2005 5		2005 E	
F=IRLMS4502		2006 6		2006 F	
G=IRLMS2002		2007 7		2007 G	
H=IRLMS6803		2008 8		2008 H	
		2009 9		2009 J	
		2010 0	24 X	2010 K	50 X
			25 Y		51 Y
			26 Z		52 Z

图 4-9 2001 年 26 周之后的 IRLMS1902 系列的 Micro6™ 标志识读技法

3. FLP - 8

FLP - 8 封装尺寸为 $(4.85 \pm 0.2) \text{ mm} \times (6.02 \pm 0.3) \text{ mm}$ ，相对而言，体积较大，因此，

其标志往往直接采用型号标志等，而不采用型号代码标志。例如，场效应晶体管 KMA010P20Q 标志识读技法如图 4-10 所示。

当然，贴片场效应晶体管还有其他封装，其标识与上述封装的标识情况相差不大。

【问 5】 晶闸管的识读技法是怎样的？

【答】 晶闸管型号一般具有一定的命名方法，例如瑞萨科技公司的晶闸管命名方法见表 4-8。

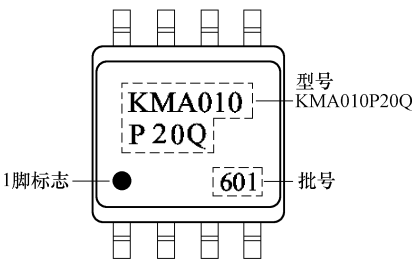


图 4-10 KMA010P20Q 标志识读技法

表 4-8 瑞萨科技公司的晶闸管命名方法

类型	图 例
晶闸管、双向晶闸管型号表示方法	BCR 12 P M - 12 L 芯片种类 BCR: 双向晶闸管 CR: 晶闸管 额定电流 转换特性 (限于双向晶闸管) L: 感性负载用 空栏: 电阻负载用 耐压等级 V_{DRM} = 耐压等级 $\times 50V$ 封装 M: 通孔型 S: 表面贴装型 副号 K、P: 绝缘型(实型铸造) 其他: 非绝缘型
IC 封装的晶闸管、双向晶闸管型号表示方法	A Y 08 B 4 - 12 芯片种类 A: 双向晶闸管 T: 晶闸管 封装 IC 封装 额定电流 器件数 搭载芯片数 耐压等级 V_{DRM} = 耐压等级 $\times 50V$

大体积的晶闸管标志一般直接标注型号，贴片晶闸管型号标志一般采用型号代码等标注，具体一些贴片晶闸管标志与贴片二极管、贴片晶体管、贴片场效应晶体管的标志情况差不多。

【问 6】 贴片集成电路的封装外形有哪些？

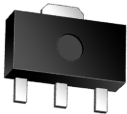
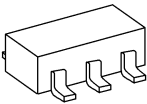
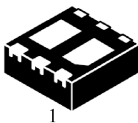
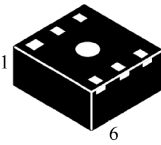
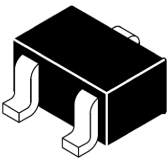
【答】 贴片集成电路的封装外形如下：

1. 与分立元器件容易混淆的封装（即与分立元器件封装相同或者相近的）见表 4-9。

表 4-9 与分立元器件容易混淆的封装

SOT23 - 5	WL - CSP5	TSV	SSOP5 - P - 0.65A	MMPAK - 8

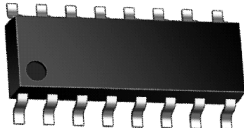
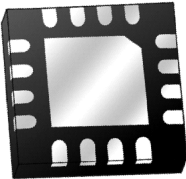
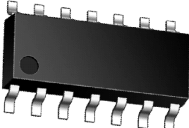
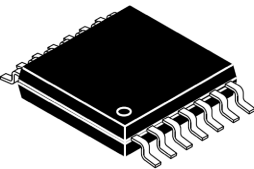
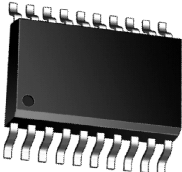
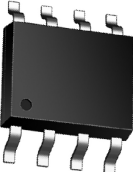
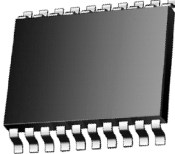
(续)

				
TSM	SOT - 89	SOT - 23	SSOP5 - P - 0.95	WDFN6
				
DPAK	SOT - 223	D ² PAK	DFN	SC - 70、SOT - 323
				
USV	TS6	D ² PAK - 5		

2. 与分立元器件不容易混淆的封装

引脚多的贴片集成电路，因引脚多，因此，体积也不小，与分立元器件一般情况下不会混淆。与分立元器件不容易混淆的封装见表 4-10。

表 4-10 与分立元器件不容易混淆的封装

			
FLP - 16	TQFN16	FLP - 14	TSSOP14
			
FLP - 20	FLP - 8	TSSOP - 20	

【问 7】 插件集成电路的识读技法是怎样的？

【答】 插件集成电路由于体积较大，其型号可以完整标注在上，不需要缩写代码。例如：TO220IS 的 KIA7910 识读技法与 DIP16 插件集成电路 KID65001AP、SSIP - 10 的 KIA6801K 识读技法如图 4-11 所示。

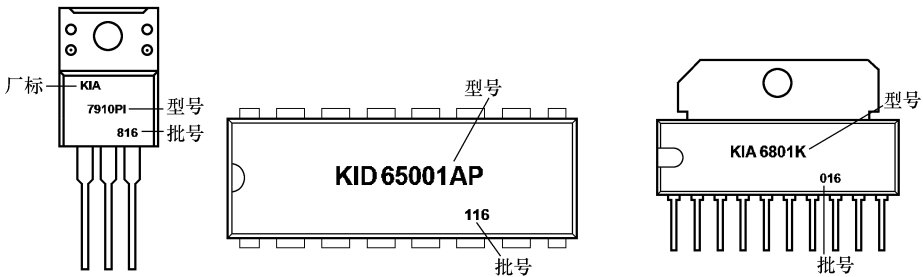


图 4-11 插件集成电路识读技法

【问 8】 贴片集成电路的识读技法是怎样的？

【答】 贴片集成电路识读技法如下：

1. 四字母产品代码 + 1 个日期代码

每个器件的特点是一个四个字母的代码。前三个字母表示指定产品。第四个字母表示指定日期代码。

2. 产品代码 + 日期代码 + 产品代码

产品代码 + 日期代码 + 产品代码举例如图 4-12 所示。

3. 去掉型号前缀

一些体积稍大的贴片集成电路，其产品标志中的型号标注往往只把型号前缀去掉，该类型标志往往是具有系列的贴片集成电路，例如 TA58M05F、TA58M06F、TA58M08F、TA58M09F、TA58M10F、TA58M12F、TA58M15F 均为 TA58M * * F 系列，其标志代码如图 4-13 所示。

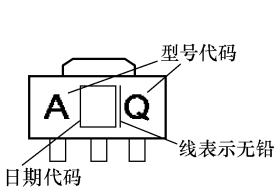
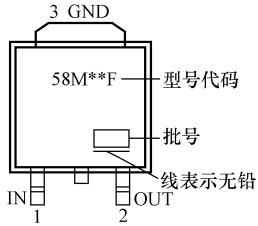


图 4-12 产品代码 + 日期代码 + 产品代码图例

注：□仅表示该处位置，不表示实物上具有该图形，其他地方也基本一样。



“ * * ” 对于具体一个产品的名称则改为 每个产品的输出电压

图 4-13 去掉型号前缀的标志

类似的有 TA58MS033F、TA58MS05F、TA58MS06F、TA58MS08F、TA58MS09F、TA58MS12F，图例如图 4-14 所示。

4. 与型号一样

一些体积大的贴片集成电路，其产品标志中的型号标注往往是其型号，例如 TA78M05F、TA78M06F、TA78M08F、TA78M09F、TA78M10F、TA78M12F、TA78M15F、TA78M18F、TA78M20F、TA78M24F 的标志如图 4-15 所示。

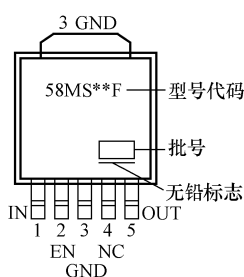
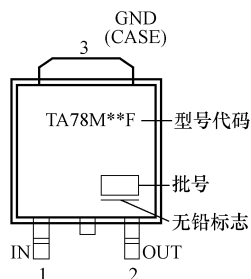


图 4-14 TA58MS033F 系列标志

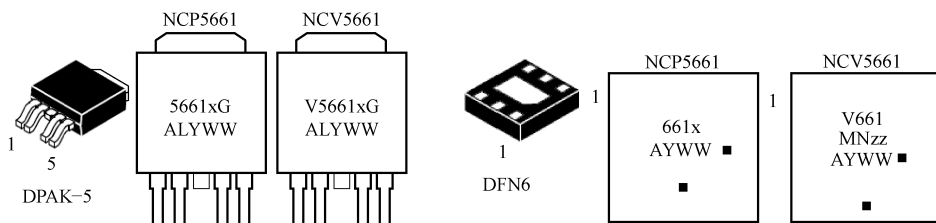


“* *”的部分为每个产品的不同的输出电压

图 4-15 TA78M08F 系列标志

5. 型号中的一部分

一些体积大的贴片集成电路，其产品标志中的型号标注往往是其型号的一部分，例如：低压差线性稳压器 NCP5661、NCV5661 的识读技法如图 4-16 所示。



表面字符一些特点识读技法如下：x 不同的代码对应不同的特性(型号)——

A 对应 Adj 可调	B 对应 1.2V 固定输出	C 对应 3.3V 固定输出
D 对应 1.5V 固定输出	E 对应 1.8V 固定输出	F 对应 2.5V 固定输出
G 对应 2.8V 固定输出	H 对应 3.0V 固定输出	

zz 对应不同的代码对应不同的特征(型号)——

12 对应 1.2V 固定输出	15 对应 1.5V 固定输出	18 对应 1.8V 固定输出
25 对应 2.5V 固定输出	28 对应 2.8V 固定输出	30 对应 3.0V 固定输出
33 对应 3.3V 固定输出	AJ 对应 可调	

另外，除了型号代码外的其他代码如下：

A 代表装配地点	L 代表晶圆批号	Y 代表年份代码
WW 代表工作周代码	G 代表无铅	■ 代表无铅封装

图 4-16 NCP5661、NCV5661 的识读技法

6. 只有型号代码

有的微小贴片集成电路其标志只有型号代码，AN80L18RMS 低压差正输出电压稳压器的标志如图 4-17 所示。

7. 系列贴片集成电路标志往往具有一定规律

系列贴片集成电路标志往往具有一定规律，例如 LM3411 系列精密二次调节器/驱动器的标志往往与其固定电压、等级有关，具体见表 4-11。

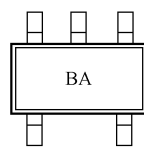


图 4-17 只有型号代码

表 4-11 LM3411 系列的标志

型 号	代 码	固定电压	等 级
LM3411AM5 - 3.3	D00A	3.3V	A
LM3411AM5X - 3.3	D00A	3.3V	A
LM3411M5 - 3.3	D00B	3.3V	B
LM3411M5X - 3.3	D00B	3.3V	B
LM3411AM5 - 5.0	D01A	5.0V	A
LM3411AM5X - 5.0	D01A	5.0V	A
LM3411M5 - 5.0	D01B	5.0V	B
LM3411M5X - 5.0	D01B	5.0V	B

注：D 表示驱动器即 Driver 的第 1 个字母；中间两个数字：00 表示为 3.3V 的，01 表示为 5V 的；最后一个字母为 A 表示 A 等级，为 B 表示 B 等级。

类似的有锂离子电池充电控制/驱动器 LM3420 系列，具体见表 4-12。NCP1117、NCV1117 系列低压差正固定（或者可调）电压稳压器见表 4-13。

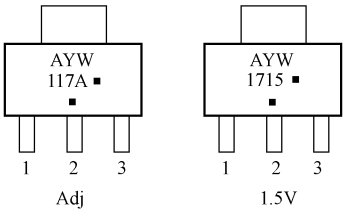
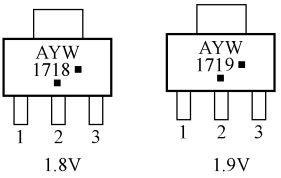
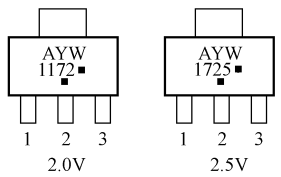
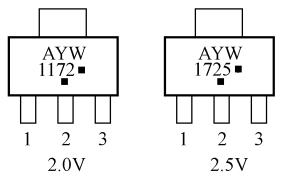
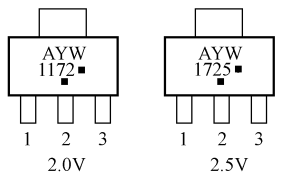
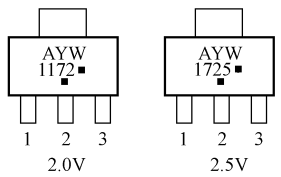
表 4-12 LM3420 系列的标志

型 号	代 码	固定电压	等 级
LM3420AM5 - 4.2	D02A	4.2V	A
LM3420AM5X - 4.2	D02A	4.2V	A
LM3420M5 - 4.2	D02B	4.2V	B
LM3420M5X - 4.2	D02B	4.2V	B
LM3420AM5 - 8.2	D07A	8.2V	A
LM3420AM5X - 8.2	D07A	8.2V	A
LM3420M5 - 8.2	D07B	8.2V	B
LM3420M5X - 8.2	D07B	8.2V	B
LM3420AM5 - 8.4	D03A	8.4V	A
LM3420AM5X - 8.4	D03A	8.4V	A
LM3420AM5 - 12.6	D04A	12.6V	A
LM3420AM5X - 12.6	D04A	12.6V	A
LM3420M5 - 12.6	D04B	12.6V	B
LM3420M5X - 12.6	D04B	12.6V	B
LM3420AM5 - 16.8	D05A	16.8V	A
LM3420AM5X - 16.8	D05A	16.8V	A
LM3420M5 - 16.8	D05B	16.8V	B
LM3420M5X - 16.8	D05B	16.8V	B

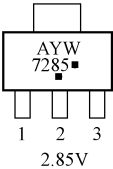
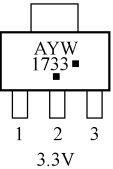
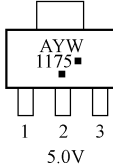
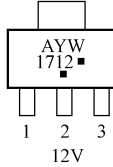
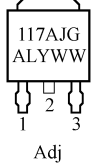
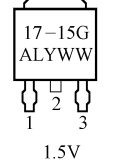
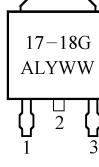
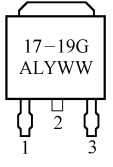
注：D 表示驱动器即 Driver 的第 1 个字母；中间两个数字 02 表示为 4.2V 的，07 表示为 8.2V 的，03 表示为 8.4V 的，04 表示为 12.6V 的，05 表示为 16.8V 的；最后 1 个字母为 A 表示 A 等级，为 B 表示 B 等级。

相似其他型号代码中的中间两个数字若为 06 表示为 1.5V 的，若为 09 表示为 1.2V 的。

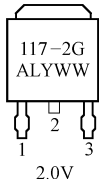
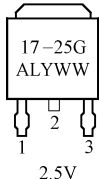
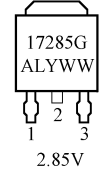
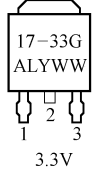
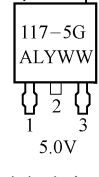
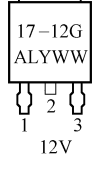
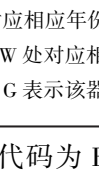
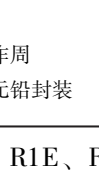
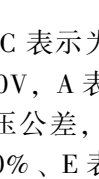
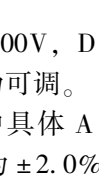
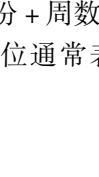
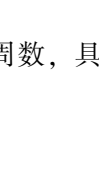
表 4-13 NCP1117、NCV1117 系列的标志

型 号	标称输出电压	封 装	外形与标志
NCP1117DTA	Adj	DPAK	SOT-223 外形与标志如下： 
NCP1117DTAG		DPAK (无铅)	
NCP1117DTARK		DPAK	
NCP1117DTARKG		DPAK (无铅)	
NCP1117DTAT5		DPAK	
NCP1117DTAT5G		DPAK (无铅)	
NCP1117STAT3		SOT-223	
NCP1117STAT3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT12	12	DPAK	
NCP1117DT12G		DPAK (无铅)	
NCP1117DT12RK		DPAK	
NCP1117DT12RKG		DPAK (无铅)	
NCP1117ST12T3		SOT-223	
NCP1117ST12T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT15	1.5	DPAK	
NCP1117DT15G		DPAK (无铅)	
NCP1117DT15RK		DPAK	
NCP1117DT15RKG		DPAK (无铅)	
NCP1117ST15T3		SOT-223	
NCP1117ST15T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT18	1.8	DPAK	
NCP1117DT18G		DPAK (无铅)	
NCP1117DT18RK		DPAK	
NCP1117DT18RKG		DPAK (无铅)	
NCP1117DT18T5		DPAK	
NCP1117DT18T5G		DPAK (无铅)	
NCP1117ST18T3		SOT-223	
NCP1117ST18T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT19RKG	1.9	DPAK (无铅)	
NCP1117DT20		DPAK	
NCP1117DT20G	2.0	DPAK (无铅)	
NCP1117DT20RK		DPAK	
NCP1117DT20RKG		DPAK (无铅)	
NCP1117ST20T3		SOT-223	
NCP1117ST20T3G		SOT-223 (无铅)	

(续)

型 号	标称输出电压	封 装	外形与标志
NCP1117DT25	2.5	DDPAK	 
NCP1117DT25G		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT25RK		DDPAK	
NCP1117DT25RKG		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT25T5		DDPAK	
NCP1117DT25T5G		DDPAK (无铅)	
NCP1117ST25T3		SOT-223	
NCP1117ST25T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT285	2.85	DDPAK	 
NCP1117DT285G		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT285RK		DDPAK	
NCP1117DT285RKG		DDPAK (无铅)	
NCP1117ST285T3		SOT-223	
NCP1117ST285T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT33	3.3	DDPAK	DPAK 外形与标志如下：  
NCP1117DT33G		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT33RK		DDPAK	
NCP1117DT33RKG		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT33T5		DDPAK	
NCP1117DT33T5G		DDPAK (无铅)	
NCP1117ST33T3		SOT-223	
NCP1117ST33T3G		SOT-223 (无铅)	
NCP1117DT50	5.0	DDPAK	 
NCP1117DT50G		DDPAK (无铅)	
NCP1117DT50RK		DDPAK	
NCP1117DT50RKG		DDPAK (无铅)	
NCP1117ST50T3		SOT-223	
NCP1117ST50T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DTARK	Adj	DDPAK	
NCV1117DTARKG		DDPAK (无铅)	
NCV1117STAT3		SOT-223	
NCV1117STAT3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117ST12T3	12	SOT-223	
NCV1117ST12T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT15RK	1.5	DDPAK	
NCV1117DT15RKG		DDPAK (无铅)	

(续)

型 号	标称输出电压	封 装	外形与标志
NCV1117ST15T3	1.5	SOT-223	 
NCV1117ST15T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT18RKG	1.8	DPAK (无铅)	 
NCV1117DT18T5		DPAK	
NCV1117DT18T5G		DPAK (无铅)	
NCV1117ST18T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT20RK	2.0	DPAK	 
NCV1117DT20RKG		DPAK (无铅)	
NCV1117ST20T3		SOT-223	
NCV1117ST20T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT25RK	2.5	DPAK	 
NCV1117DT25RKG		DPAK (无铅)	
NCV1117ST25T3		SOT-223	
NCV1117ST25T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT33T5	3.3	DPAK	 
NCV1117DT33T5G		DPAK (无铅)	
NCV1117ST33T3	3.3	SOT-223	 
NCV1117ST33T3G		SOT-223 (无铅)	
NCV1117DT50RK	5.0	DPAK	 
NCV1117DT50RKG		DPAK (无铅)	

A 处对应相应产地代码

L 处对应相应晶片批号代码

Y 处对应相应年份代码

WW、W 处对应相应工作周

■ 或者 G 表示该器件为无铅封装

LM4041、LM4050 系列型号代码也具有一定规律，其型号代码为 R1B、R1E、RAC 等，命名特点如下：

第一个字符：R 表示为基准集成电路。

第二个字符：1 表示为 1.225V 电压，N 表示为 2.048V，C 表示为 2.500V，D 表示为 4.096V，E 表示为 5.000V，F 表示为 8.192V，G 表示为 10.000V，A 表示为可调。

第三个字符：A ~ E 表示为初始反向击穿电压或基准电压公差，其中具体 A 表示为 $\pm 0.1\%$ ，B 表示为 $\pm 0.2\%$ 、C 表示为 $\pm 0.5\%$ 、D 表示为 $\pm 1.0\%$ 、E 表示为 $\pm 2.0\%$ 。

【问 9】贴片集成电路批号是怎样的？

【答】贴片集成电路批号有不同的表示类型，一些具体类型如下。

1. 两位字符

KEC 的 KIA75S358F 的批号表示见表 4-14。

KIB3401F 的批号表示见表 4-15。

2. 三位字符

三位字符有的是采用三位数字表示的批号，有的是采用三位数字与字母混合表示的批号。有的三位字符表示的批号为年份 + 周数，有的为年份 + 月份 + 周数。

1) 三位数字表示的批号，第一位一般表示年份，二、三位通常表示周数，具体见表 4-16。

表 4-14 KEC 的 KIA75S358F 的批号表示

年份表示符号	周期（年份）	备 注
01, 02…51, 52	01: 2006 年第 1 周 02: 2006 年第 2 周 ⋮ 51: 2006 年第 51 周 52: 2006 年第 52 周	四年轮换 01…52: 2006, 2010, 2014… 0A…5B: 2007, 2011, 2015… J1…E2: 2008, 2012, 2016… JA…EB: 2009, 2013, 2017…
0A, 0B…5A, 5B	0A: 2007 年第 1 周 0B: 2007 年第 2 周 ⋮ 5A: 2007 年第 51 周 5B: 2007 年第 52 周	
J1, J2…E1, E2	J1: 2008 年第 1 周 J2: 2008 年第 2 周 ⋮ E1: 2008 年第 51 周 E2: 2008 年第 52 周	
JA, JB…EA, EB	JA: 2009 年第 1 周 JB: 2009 年第 2 周 ⋮ EA: 2009 年第 51 周 EB: 2009 年第 52 周	

表 4-15 KIB3401F 的批号

字符排列	第 1 字符	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	0 (J)
	第 2 字符	A (1)	B (2)	C (3)	D (4)	E (5)	F (6)	G (7)	H (8)	I (9)	J (0)
年份		标识（周）					周期（年）			备注	
第 1 年（2002）		01	02	…	51	52	2002—2006—2010…			四年轮换	
第 2 年（2003）		0A	0B	…	5A	5B	2003—2007—2011…				
第 3 年（2004）		J1	J2	…	E1	E2	2004—2008—2012…				
第 4 年（2005）		JA	JB	…	EA	EB	2005—2009—2013…				

举例：（KIB3401F 的批号）

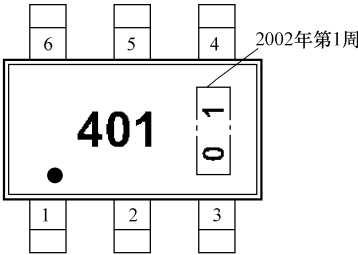


表 4-16 三位数字批号

年 份	周	举 例
0 ~ 9; 1990 ~ 1999	自然数表示第 XX 周	KIA7019AF 型号代码 1998年第16周 6 A 8 1 6

不过，要注意不同的贴片集成电路有时批号一样，但是表示的年份可能不同，例如 KIA7805AF 的批号也用三位数字表示，其中第一位表示年份，二、三位表示周数。尽管第一位表示年份也是 0 ~ 9，但是表示为 2000 ~ 2009 年，如图 4-18 所示。

2) 有的贴片集成电路批号代码具有年、月、周字符，见表 4-17。

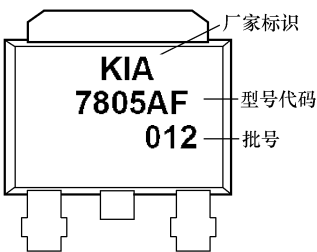
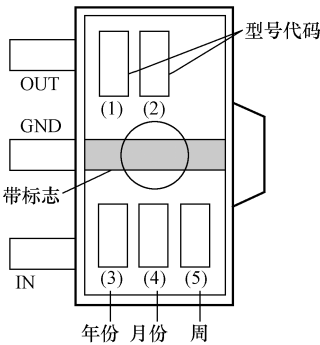


图 4-18 KIA7805AF 的标志

表 4-17 具有年、月、周字符的批号代码



图中 (3) 处表示生产的年份代码（用年份的最后一位数表示）

图中 (4) 处表示生产月份的代码

生产月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
代码	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M

图中 (5) 处表示生产周代码

3. 装配地点、年、月、周字符

有的标志还具有装配地点标志。例如 LMV331 的 TSOP5 标志就是装配地点 + 年份 + 月份 + 周字符，如图 4-19 所示。

【问 10】 贴片集成电路 1 脚标志的类型有哪些？

【答】 贴片集成电路 1 脚标志的部分类型见表 4-18。

【问 11】 贴片集成电路型号的识读技法是怎样的？

【答】 不同的贴片集成电路型号识读技法是不同的，具体一些贴片集成电路型号识读技法见表 4-19。

【问 12】 贴片集成电路引脚分布特点是怎样的？

【答】 有的贴片集成电路具有不同的封装形式，因此，其引脚分布特点也存在一些差异，例如 ME2802 系列低功耗电压检测器的封装与引脚分布特点如图 4-20。

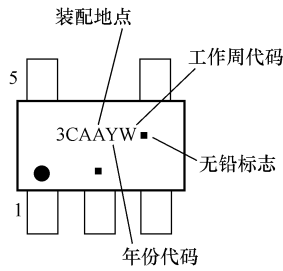


图 4-19 LMV331 的 TSOP5 标志

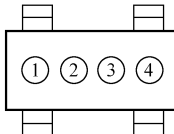
表 4-18 贴片集成电路 1 脚标志的部分类型

特征	图 例	特征	图 例	特征	图 例
圆点		线条		小方块	

表 4-19 一些贴片集成电路型号识读技法

型 号	图例识读技法																														
ADM682 × × YR JZ - RL7 与 ADM 682 × × YR JZ - R7	ADM682 × × YRJZ - RL7 编号 (1~5) 复位阈值 L: 4.63V M: 4.38V T: 3.08V S: 2.93V R: 2.63V Z: 2.32V Y: 2.19V W: 1.67V V: 1.58V 温度范围 Y: -40~+125℃ 封装 RJ: SOT23-5																														
	<table><tr><th>型号</th><th>复位阈值/V</th><th>代码</th></tr><tr><td>ADM6821SYRJZ - RL7</td><td>2.93</td><td>NOA</td></tr><tr><td>ADM6822SYRJZ - RL7</td><td>2.93</td><td>NOB</td></tr><tr><td>ADM6822TYRJZ - RL7</td><td>3.08</td><td>NOB</td></tr><tr><td>ADM6823SYRJ - R7</td><td>2.93</td><td>NOC</td></tr><tr><td>ADM6823SYRJZ - RL7</td><td>2.93</td><td>NOQ</td></tr><tr><td>ADM6823TYRJ - R7</td><td>3.08</td><td>NOC</td></tr><tr><td>ADM6823TYRJZ - RL7</td><td>3.08</td><td>NOQ</td></tr><tr><td>ADM6824TYRJZ - R7</td><td>3.08</td><td>NOD</td></tr><tr><td>ADM6825TYRJZ - R7</td><td>3.08</td><td>NOE</td></tr></table>	型号	复位阈值/V	代码	ADM6821SYRJZ - RL7	2.93	NOA	ADM6822SYRJZ - RL7	2.93	NOB	ADM6822TYRJZ - RL7	3.08	NOB	ADM6823SYRJ - R7	2.93	NOC	ADM6823SYRJZ - RL7	2.93	NOQ	ADM6823TYRJ - R7	3.08	NOC	ADM6823TYRJZ - RL7	3.08	NOQ	ADM6824TYRJZ - R7	3.08	NOD	ADM6825TYRJZ - R7	3.08	NOE
	型号	复位阈值/V	代码																												
	ADM6821SYRJZ - RL7	2.93	NOA																												
	ADM6822SYRJZ - RL7	2.93	NOB																												
	ADM6822TYRJZ - RL7	3.08	NOB																												
	ADM6823SYRJ - R7	2.93	NOC																												
	ADM6823SYRJZ - RL7	2.93	NOQ																												
	ADM6823TYRJ - R7	3.08	NOC																												
	ADM6823TYRJZ - RL7	3.08	NOQ																												
ADM6824TYRJZ - R7	3.08	NOD																													
ADM6825TYRJZ - R7	3.08	NOE																													

(续)

型 号	图例识读技法																																
ADM63 _ _ _ ARJ _ _ _	ADM63 编号 (16~22) 复位超时周期 A: 1ms(最小值) B: 20ms(最小值) C: 140ms(最小值) D: 1120ms(最小值) 看门狗超时周期 W: 6.3ms(典型值) X: 102ms(典型值) Y: 1.6s (典型值) Z: 25.6s (典型值) ARJ Z: 符合RoHS 封装 RJ: SOT23-5 温度范围 A: -40~+85℃ 复位门限, 数字表示 (25~30) <table><tr><th>型 号</th><th>代码</th><th>型 号</th><th>代码</th></tr><tr><td>ADM6316xxxARJ - RL7</td><td>N00</td><td>ADM6316xxxARJZ - R7</td><td>M7Q</td></tr><tr><td>ADM6317xxxARJZ - R7</td><td>M9N</td><td>ADM6318xxxARJ - RL7</td><td>N02</td></tr><tr><td>ADM6318xxxARJZ - R7</td><td>M4Q</td><td>ADM6319xxARJ - RL7</td><td>N03</td></tr><tr><td>ADM6319xxARJZ - R7</td><td>N0S</td><td>ADM6320xxxARJ - RL7</td><td>N04</td></tr><tr><td>ADM6320xxxARJZ - R7</td><td>N0T</td><td>ADM6321xxxARJ - RL7</td><td>N05</td></tr><tr><td>ADM6321xxxARJZ - R7</td><td>M8L</td><td>ADM6322xxARJ - RL7</td><td>N06</td></tr><tr><td>ADM6322xxARJZ - RL7</td><td>M8J</td><td></td><td></td></tr></table>	型 号	代码	型 号	代码	ADM6316xxxARJ - RL7	N00	ADM6316xxxARJZ - R7	M7Q	ADM6317xxxARJZ - R7	M9N	ADM6318xxxARJ - RL7	N02	ADM6318xxxARJZ - R7	M4Q	ADM6319xxARJ - RL7	N03	ADM6319xxARJZ - R7	N0S	ADM6320xxxARJ - RL7	N04	ADM6320xxxARJZ - R7	N0T	ADM6321xxxARJ - RL7	N05	ADM6321xxxARJZ - R7	M8L	ADM6322xxARJ - RL7	N06	ADM6322xxARJZ - RL7	M8J		
型 号	代码	型 号	代码																														
ADM6316xxxARJ - RL7	N00	ADM6316xxxARJZ - R7	M7Q																														
ADM6317xxxARJZ - R7	M9N	ADM6318xxxARJ - RL7	N02																														
ADM6318xxxARJZ - R7	M4Q	ADM6319xxARJ - RL7	N03																														
ADM6319xxARJZ - R7	N0S	ADM6320xxxARJ - RL7	N04																														
ADM6320xxxARJZ - R7	N0T	ADM6321xxxARJ - RL7	N05																														
ADM6321xxxARJZ - R7	M8L	ADM6322xxARJ - RL7	N06																														
ADM6322xxARJZ - RL7	M8J																																
TCM809LEN/LB、 TCM810LEN/LB 系列	TCM809 TCM810 器件 TCM809: 带低电平有效 RESET 输出的监控器 TCM810: 带高电平有效 RESET 输出的监控器 V_{DD} 复位门限值: L=4.63V M=4.83V J=4.00V T=3.08V S=2.92V R=2.63V Z=2.32V 温度范围 E=-40~+85℃ V=-40~+125℃ XXXXX NB713=SOT23B LB713=SC70 其中 NB 表示为 SOT23 - 3 封装、LB 表示为 SC70 - 3 封装																																
TCM811、TCM812 系列	TCM81X TCM81X 器件 TCM811: 带低电平有效 RESET 输出的监控器 TCM812: 带高电平有效 RESET 输出的监控器 V_{DD} 复位门限值: L=4.63V M=4.38V T=3.08V S=2.93V R=2.63V F=1.75V 温度范围 E=-40~+85℃ XXXX 封装 RCTR=SOT143, 4引脚  各标志含义如下: 图中①处表示器件编号 图中②处表示温度范围和电压 图中③处表示年份和月周期代码 图中④处表示批次标志号 注: 器件编号无法在同一行内完整标出, 则有换行继续标出的情况																																

(续)

型 号	图例识读技法																																																																																																																																																																																													
TCM811、TCM812 系列	<table><tr><th>代码</th><th>型 号</th><th>代码</th><th>型 号</th></tr><tr><td>U1</td><td>TCM811LERC</td><td>V1</td><td>TCM812LERC</td></tr><tr><td>U2</td><td>TCM811MERC</td><td>V2</td><td>TCM812MERC</td></tr><tr><td>U3</td><td>TCM811TERC</td><td>V3</td><td>TCM812TERC</td></tr><tr><td>U4</td><td>TCM811SERC</td><td>V4</td><td>TCM812SERC</td></tr><tr><td>U5</td><td>TCM811RERC</td><td>V5</td><td>TCM812RERC</td></tr><tr><td>U7</td><td>TCM811FERC</td><td>V7</td><td>TCM812FERC</td></tr></table>	代码	型 号	代码	型 号	U1	TCM811LERC	V1	TCM812LERC	U2	TCM811MERC	V2	TCM812MERC	U3	TCM811TERC	V3	TCM812TERC	U4	TCM811SERC	V4	TCM812SERC	U5	TCM811RERC	V5	TCM812RERC	U7	TCM811FERC	V7	TCM812FERC																																																																																																																																																																	
代码	型 号	代码	型 号																																																																																																																																																																																											
U1	TCM811LERC	V1	TCM812LERC																																																																																																																																																																																											
U2	TCM811MERC	V2	TCM812MERC																																																																																																																																																																																											
U3	TCM811TERC	V3	TCM812TERC																																																																																																																																																																																											
U4	TCM811SERC	V4	TCM812SERC																																																																																																																																																																																											
U5	TCM811RERC	V5	TCM812RERC																																																																																																																																																																																											
U7	TCM811FERC	V7	TCM812FERC																																																																																																																																																																																											
BD4XXXX	1: 100ms(典型值) 5: 50ms(典型值) 2: 200ms(典型值) 延时 BD4 G G—G表示无铅产品 输出电路类型 5: OD输出 6: CMOS输出 检测电压 V_{DET} 为2.3~4.8V 步调: 0.1V 例如: 2.9V标识为“29” 其各型号标志的代码如下： <table><tr><th>检测电压</th><th>代码标志</th><th>型号</th><th>代码标志</th><th>型号</th><th>代码标志</th><th>型号</th></tr><tr><td>4. 8 V</td><td>T0</td><td>BD45485</td><td>TS</td><td>BD45481</td><td>UJ</td><td>BD45482</td></tr><tr><td>4. 7 V</td><td>T1</td><td>BD45475</td><td>TT</td><td>BD45471</td><td>UK</td><td>BD45472</td></tr><tr><td>4. 6 V</td><td>T2</td><td>BD45465</td><td>TU</td><td>BD45461</td><td>UL</td><td>BD45462</td></tr><tr><td>4. 5 V</td><td>T3</td><td>BD45455</td><td>TV</td><td>BD45451</td><td>UM</td><td>BD45452</td></tr><tr><td>4. 4 V</td><td>T4</td><td>BD45445</td><td>TW</td><td>BD45441</td><td>UN</td><td>BD45442</td></tr><tr><td>4. 3 V</td><td>T5</td><td>BD45435</td><td>TX</td><td>BD45431</td><td>UP</td><td>BD45432</td></tr><tr><td>4. 2 V</td><td>T6</td><td>BD45425</td><td>TY</td><td>BD45421</td><td>UQ</td><td>BD45422</td></tr><tr><td>4. 1 V</td><td>T7</td><td>BD45415</td><td>TZ</td><td>BD45411</td><td>UR</td><td>BD45412</td></tr><tr><td>4. 0 V</td><td>T8</td><td>BD45405</td><td>U0</td><td>BD45401</td><td>US</td><td>BD45402</td></tr><tr><td>3. 9 V</td><td>T9</td><td>BD45395</td><td>U1</td><td>BD45391</td><td>UT</td><td>BD45392</td></tr><tr><td>3. 8 V</td><td>TA</td><td>BD45385</td><td>U2</td><td>BD45381</td><td>UU</td><td>BD45382</td></tr><tr><td>3. 7 V</td><td>TB</td><td>BD45375</td><td>U3</td><td>BD45371</td><td>UV</td><td>BD45372</td></tr><tr><td>3. 6 V</td><td>TC</td><td>BD45365</td><td>U4</td><td>BD45361</td><td>UW</td><td>BD45362</td></tr><tr><td>3. 5 V</td><td>TD</td><td>BD45355</td><td>U5</td><td>BD45351</td><td>UX</td><td>BD45352</td></tr><tr><td>3. 4 V</td><td>TE</td><td>BD45345</td><td>U6</td><td>BD45341</td><td>UY</td><td>BD45342</td></tr><tr><td>3. 3 V</td><td>TF</td><td>BD45335</td><td>U7</td><td>BD45331</td><td>UZ</td><td>BD45332</td></tr><tr><td>3. 2 V</td><td>TG</td><td>BD45325</td><td>U8</td><td>BD45321</td><td>V0</td><td>BD45322</td></tr><tr><td>3. 1 V</td><td>TH</td><td>BD45315</td><td>U9</td><td>BD45311</td><td>V1</td><td>BD45312</td></tr><tr><td>3. 0 V</td><td>TJ</td><td>BD45305</td><td>UA</td><td>BD45301</td><td>V2</td><td>BD45302</td></tr><tr><td>2. 9 V</td><td>TK</td><td>BD45295</td><td>UB</td><td>BD45291</td><td>V3</td><td>BD45292</td></tr><tr><td>2. 8 V</td><td>TL</td><td>BD45285</td><td>UC</td><td>BD45281</td><td>V4</td><td>BD45282</td></tr><tr><td>2. 7 V</td><td>TM</td><td>BD45275</td><td>UD</td><td>BD45271</td><td>V5</td><td>BD45272</td></tr><tr><td>2. 6 V</td><td>TN</td><td>BD45265</td><td>UE</td><td>BD45261</td><td>V6</td><td>BD45262</td></tr><tr><td>2. 5 V</td><td>TP</td><td>BD45255</td><td>UF</td><td>BD45251</td><td>V7</td><td>BD45252</td></tr><tr><td>2. 4 V</td><td>TQ</td><td>BD45245</td><td>UG</td><td>BD45241</td><td>V8</td><td>BD45242</td></tr><tr><td>2. 3 V</td><td>TR</td><td>BD45235</td><td>UH</td><td>BD45231</td><td>V9</td><td>BD45232</td></tr></table>	检测电压	代码标志	型号	代码标志	型号	代码标志	型号	4. 8 V	T0	BD45485	TS	BD45481	UJ	BD45482	4. 7 V	T1	BD45475	TT	BD45471	UK	BD45472	4. 6 V	T2	BD45465	TU	BD45461	UL	BD45462	4. 5 V	T3	BD45455	TV	BD45451	UM	BD45452	4. 4 V	T4	BD45445	TW	BD45441	UN	BD45442	4. 3 V	T5	BD45435	TX	BD45431	UP	BD45432	4. 2 V	T6	BD45425	TY	BD45421	UQ	BD45422	4. 1 V	T7	BD45415	TZ	BD45411	UR	BD45412	4. 0 V	T8	BD45405	U0	BD45401	US	BD45402	3. 9 V	T9	BD45395	U1	BD45391	UT	BD45392	3. 8 V	TA	BD45385	U2	BD45381	UU	BD45382	3. 7 V	TB	BD45375	U3	BD45371	UV	BD45372	3. 6 V	TC	BD45365	U4	BD45361	UW	BD45362	3. 5 V	TD	BD45355	U5	BD45351	UX	BD45352	3. 4 V	TE	BD45345	U6	BD45341	UY	BD45342	3. 3 V	TF	BD45335	U7	BD45331	UZ	BD45332	3. 2 V	TG	BD45325	U8	BD45321	V0	BD45322	3. 1 V	TH	BD45315	U9	BD45311	V1	BD45312	3. 0 V	TJ	BD45305	UA	BD45301	V2	BD45302	2. 9 V	TK	BD45295	UB	BD45291	V3	BD45292	2. 8 V	TL	BD45285	UC	BD45281	V4	BD45282	2. 7 V	TM	BD45275	UD	BD45271	V5	BD45272	2. 6 V	TN	BD45265	UE	BD45261	V6	BD45262	2. 5 V	TP	BD45255	UF	BD45251	V7	BD45252	2. 4 V	TQ	BD45245	UG	BD45241	V8	BD45242	2. 3 V	TR	BD45235	UH	BD45231	V9	BD45232
检测电压	代码标志	型号	代码标志	型号	代码标志	型号																																																																																																																																																																																								
4. 8 V	T0	BD45485	TS	BD45481	UJ	BD45482																																																																																																																																																																																								
4. 7 V	T1	BD45475	TT	BD45471	UK	BD45472																																																																																																																																																																																								
4. 6 V	T2	BD45465	TU	BD45461	UL	BD45462																																																																																																																																																																																								
4. 5 V	T3	BD45455	TV	BD45451	UM	BD45452																																																																																																																																																																																								
4. 4 V	T4	BD45445	TW	BD45441	UN	BD45442																																																																																																																																																																																								
4. 3 V	T5	BD45435	TX	BD45431	UP	BD45432																																																																																																																																																																																								
4. 2 V	T6	BD45425	TY	BD45421	UQ	BD45422																																																																																																																																																																																								
4. 1 V	T7	BD45415	TZ	BD45411	UR	BD45412																																																																																																																																																																																								
4. 0 V	T8	BD45405	U0	BD45401	US	BD45402																																																																																																																																																																																								
3. 9 V	T9	BD45395	U1	BD45391	UT	BD45392																																																																																																																																																																																								
3. 8 V	TA	BD45385	U2	BD45381	UU	BD45382																																																																																																																																																																																								
3. 7 V	TB	BD45375	U3	BD45371	UV	BD45372																																																																																																																																																																																								
3. 6 V	TC	BD45365	U4	BD45361	UW	BD45362																																																																																																																																																																																								
3. 5 V	TD	BD45355	U5	BD45351	UX	BD45352																																																																																																																																																																																								
3. 4 V	TE	BD45345	U6	BD45341	UY	BD45342																																																																																																																																																																																								
3. 3 V	TF	BD45335	U7	BD45331	UZ	BD45332																																																																																																																																																																																								
3. 2 V	TG	BD45325	U8	BD45321	V0	BD45322																																																																																																																																																																																								
3. 1 V	TH	BD45315	U9	BD45311	V1	BD45312																																																																																																																																																																																								
3. 0 V	TJ	BD45305	UA	BD45301	V2	BD45302																																																																																																																																																																																								
2. 9 V	TK	BD45295	UB	BD45291	V3	BD45292																																																																																																																																																																																								
2. 8 V	TL	BD45285	UC	BD45281	V4	BD45282																																																																																																																																																																																								
2. 7 V	TM	BD45275	UD	BD45271	V5	BD45272																																																																																																																																																																																								
2. 6 V	TN	BD45265	UE	BD45261	V6	BD45262																																																																																																																																																																																								
2. 5 V	TP	BD45255	UF	BD45251	V7	BD45252																																																																																																																																																																																								
2. 4 V	TQ	BD45245	UG	BD45241	V8	BD45242																																																																																																																																																																																								
2. 3 V	TR	BD45235	UH	BD45231	V9	BD45232																																																																																																																																																																																								

【问 13】 贴片集成电路的使用、应用注意事项有哪些？

【答】 贴片集成电路的使用、应用一些注意事项如下：

1) 进行设计、应用时，对于最大额定值、工作电源电压范围、放热特性、安装条件及其他条件需要在规定的保证范围内使用，否则可能会造成故障/事故。

2) 贴片集成电路的最大额定值通常规定的是“绝对最大额定值”，设计、应用时，绝对不能超过各类型最大额定值，并且无论外部条件如何变化，均不可超过贴片集成电路的最大额定值。

3) 不仅要注意直流最大额定值，还要注意脉冲下安全工作区、负载轨迹、峰值电压、峰值电流等情况。

4) 贴片集成电路的电参数均是在一定条件下测量的，而且随着生产商版本的改进以及技术的改善，有些贴片集成电路的电参数会发生变化。因此，贴片集成电路的电参数一般是参考使用，最终使用应以具体贴片集成电路的最新信息为准。

【问 14】 稳压器贴片集成电路的参数名称有哪些？

【答】 稳压器贴片集成电路的参数名称见表 4-20。

表 4-20 稳压器贴片集成电路的参数名称

参数符号	名 称	参数符号	名 称
ΔV_{load}	负载调整率。负载调整率越小，说明低压差输出抑制负载干扰的能力越强	$R_{\text{eg load}}$	负载调节
$I_{\text{B(OFF)}}$	静态电流（关闭模式）	R_{REJ}	纹波抑制比
I_{B}	静态电流	TCVO	输出电压平均温度系数
$I_{\text{B(OFF)}}$	待机电流	T_{j}	结温
I_{Bstart}	启动静态电流	T_{opr}	工作温度
$I_{\text{CT(OFF)}}$	控制电流（关）	TSD	热保护关断
$I_{\text{CT(ON)}}$	控制电流（开）	T_{stg}	贮存温度
$I_{\text{EN(ON)}}$	输出控制电流（开）	TYP	典型
I_{GND}	接地电流。接地电流是指串联调整管输出电流为零时，输入电源提供的稳压器工作电流。该电流有时也称为静态电流，较理想的低压差稳压器的接地电流很小	$V_{\text{CT(OFF)}}$	控制电压（关）
I_{KMIN}	最小阴极电流调节	$V_{\text{CT(ON)}}$	控制电压（开）
I_{KOFF}	断态阴极电流	V_{D}	压差、压降
I_{LIMIT}	电流限制	V_{DO}	压差

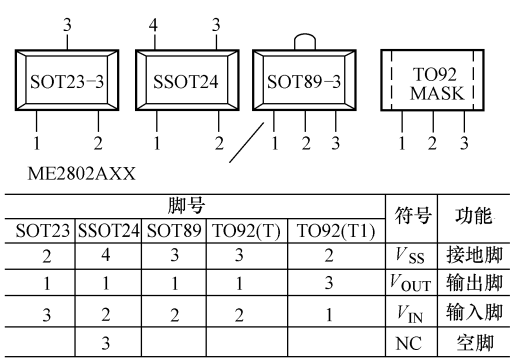


图 4-20 贴片集成电路引脚分布特点

(续)

参数符号	名 称	参数符号	名 称
I_{OUT}	输出电流。一般输出电流越大的稳压器成本越高	$V_{EN(ON)}$	输出控制电压（关）
I_{PEAK}	短路电流峰值	$V_{EN(ON)}$	输出控制电压（开）
I_Q	静态电流	V_{IN}	输入电压
I_{REF}	参考输入电流	$V_{IN} - V_{OUT}$	压降、压差。输入输出电压差是低压差线性稳压器的一个最重要的参数之一，在保证输出电压稳定的条件下，该电压压差越低，线性稳压器的性能就越好
I_{SC}	短路电流	V_{NO}	输出噪声电压
MAX	最大	V_{OUT}	输出电压。低压差线性稳压器有固定输出电压与可调输出电压两种类型，外接元器件数值的变化将影响稳定精度
P_D	功耗	V_{REF}	基准电压
PSSR	电源抑制比。PSSR 反映了低压差输出对于一些干扰信号的抑制能力	ΔV_{OLINE}	线性调整。低压差输出的线性调整率越小，输入电压变化对输出电压影响越小，低压差输出的性能越好
R. R	纹波抑制比	ΔV_{OUT}	电源调整率
$R_{eg\ line}$	线性调整	$\Delta V_{REF}/\Delta V$	基准电压范围与阴极电压范围的比值

【问 15】 低压差稳压器主要引脚的功能有哪些？

【答】 稳压器贴片集成电路主要引脚的功能见表 4-21。

表 4-21 稳压器贴片集成电路主要引脚的功能

引脚符号	功 能	引脚符号	功 能
EN	通/断控制端。输出时，此引脚被设置为“高电平”，关闭时，这个引脚设置为开路或为“低电平”	V_{OUT}	输出电压
IN	输入端。在与 GND 端间往往连接电容 C_{IN}	ECO	模式端
GND	接地端	CE	使能端（高电平有效）
OUT	输出端。在与 GND 端间往往连接电容 C_{OUT}	$\overline{CE}$	使能端（低电平有效）
NC	空脚	ADJ	输出电压可调端
ADJ	输出电压反馈调节。一般是连接到一个误差放大器	ENABLE	使能端
ON/OFF CONTORL	使能/关断控制输入端。有的具有 1) CMOS 兼容输入；2) 逻辑高代表启用；逻辑低代表关机；3) 一般不得开路	I	输入端
BYP	基准旁路	Q	输出端

【问 16】 放大器的参数有哪些？

【答】 放大器的参数见表 4-22。

表 4-22 放大器的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
V_{CC}	电源电压	BW	带宽
P_D	功耗	NF	噪声系数
I_{CC}	空载电流	P_O	最大输出电平
$ S_{21} ^2$	插入增益		

【问 17】 振荡器的参数有哪些？

【答】 振荡器的参数见表 4-23。

表 4-23 振荡器的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
V_{CC}	电源电压	V_{OSCB}	振荡器基极电压
I_{CC}	短路电流	V_{OSCE}	振荡器发射极电压
P_D	功耗	V_{Boffb}	缓冲基极电压

【问 18】 逻辑电路的参数有哪些？

【答】 逻辑电路的参数见表 4-24。

表 4-24 逻辑电路的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
C_{VO}	开关端电容	$t_{PHL}、t_{PLH}$	传输延迟时间
C_{IN}	输入电容	t_{set}	建立时间
f_{CP}	最高时钟频率	U_{IHMIN}	输入高电平电压
I_{IHMAX}	输入高电平电流	U_{ILMAX}	输入低电平电压
I_{ILMAX}	输入低电平电流	U_{OHMIN}	输出高电平电压
I_O	输出电流	U_{OLMAX}	输出低电平电压
I_{OHMAX}	输出高电平电流	V_{IH}	输入电压高电平
I_{OLMAX}	输出低电平电流	V_{IL}	输入电压低电平
R_{ON}	导通电阻	V_{IN}	控制输入电压
t_h	保持时间	V_S	开关输入/输出电压
t_{pd}/t_{pz}	延时		

【问 19】 电压检测器与电压监控器、复位器的参数有哪些？

【答】 电压检测器与电压监控器、复位器的参数见表 4-25。

【问 20】 电压检测器与电压监控器、复位器引脚的功能有哪些？

【答】 电压检测器与电压监控器、复位器引脚的功能见表 4-26。

表 4-25 电压检测器与电压监控器、复位器的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
$\Delta V_{\text{DET}}/\Delta T_{\text{A}}$	温度系数	t_{pLH}	高电平传输延迟时间
$\Delta V_{\text{DF}}/(\Delta t_{\text{OPR}} V_{\text{DF}})$	温度特性	t_{RP}	复位有效超时周期
C_{i}	输入电容	T_{SOLDER}	焊接温度和时间
I_{CC}	供电电流	T_{stg}	贮存温度
I_{CCH}	电路电流（通期间）	V_{UVLO}	欠电压锁定阈值
I_{CCL}	电路电流（断期间）	V_{DD}	VDD 范围或工作电压
I_{DD}	工作电流	V_{DET}	高→低检测电压
I_{OH}	输出电流	V_{DF}	检测电压
I_{OL}	输出泄漏电流	V_{HYS}	阈值迟滞
I_{OUT}	输出电流	$V_{\text{IH}}、V_{\text{IL}}$	MR 输入门限
U_{OVLO}	过电压锁定阈值	V_{IN}	输入电压
P_{d}	允许最大功耗	$V_{\text{IT-}}$	负极输入阈值电压
t_{MD}	$\overline{\text{MR}}$ 至复位传输延迟	V_{OH}	高电平输出电压
t_{MR}	$\overline{\text{MR}}$ 最小脉冲宽度	V_{OL}	低电平输出电压
t_{OFF}	输出关闭时间	V_{OPR}	阈值电压
t_{ON}	启动延迟	V_{OUT}	输出电压
T_{OPR}	工作温度	V_{S}	检测电压
t_{pHL}	低电平传输延迟时间	V_{TH}	复位门限电压值

表 4-26 电压检测器与电压监控器、复位器引脚的功能

引脚符号	功 能	引脚符号	功 能
V_{SS}	接地端	V_{DD}	电源
V_{OUT}	输出端	$\overline{\text{MR}}$	手动复位端，当 $\overline{\text{MR}}$ 低于 V_{IL} 时产生复位
V_{IN}	输入端	IN	电源输入端
NC	空脚	$\overline{\text{EN}}$	使能端
GND	接地端	$\overline{\text{FLAG}}$	故障指示端
$\overline{\text{RESET}}$	复位输出端（低电位有效）	OUT	电压输出端
SENSE	可调检测输入端	PAD1	裸露焊盘
RESET	复位输出端（高电位有效）		

【问 21】 A-D 转换器参数与 A-D 转换器引脚的功能有哪些？

【答】 A-D 转换器参数与 A-D 转换器引脚的功能见表 4-27。

表 4-27 A-D 转换器参数与 A-D 转换器引脚的功能

A-D 转换器参数		A-D 转换器引脚的功能	
参数符号	名称	引脚符号	功能
INL	积分非线性	V_{IN}	模拟输入端
		SCLK	数字信号时钟端
DNL	微分非线性	SDATA	数字信号数据端
V_{OFF}	偏移误差	$\overline{CS}$	片选端
		V_A	电源端
GE	增益误差	GND	接地端
		DI	串行数据输入端
FPBW	-3dB 全功率带宽	ARS	转换状态输出端
		V_{REF}	参考电压输入端
MSB	最高位	V_{CC}	电源端
LSB	最低位	COM	公共端
		$\overline{SE}$	数据保持端

【问 22】 A-D 转换器的主要技术指标有哪些？

【答】 A-D 转换器的主要技术指标见表 4-28。

表 4-28 A-D 转换器的主要技术指标

名称	英文	说 明
分辨率	Resolution	分辨率又称精度，通常以数字信号的位数来表示，具体是指数字量变化一个最小量时模拟信号的变化量，也就是满刻度与 2^n 的比值 通常用数字输出最低位（LSB）所对应的模拟输入的电平值表示
转换速率	Conversion RATE	转换速率是指完成一次从模拟（A）转换到数字（D）的转换所需的的时间的倒数。常用单位是 ksp/s、Msp/s
量化误差	Quantizing Error	由于 A-D 转换的有限分辨率而引起的误差
偏移误差	Offset Error	输入信号为零时，输出信号不为零的值
满刻度误差	Full Scale Error	满度输出时对应的输入信号与理想输入信号值之差
线性度	Linearity	实际转换器的转移函数与理想直线的最大偏移
精度		分为绝对精度和相对精度
量程		所能转换模拟电压的范围

【问 23】 D-A 转换器的主要技术参数与 D-A 转换器引脚的功能有哪些？

【答】 D-A 转换器的主要技术参数与 D-A 转换器引脚的功能见表 4-29。

【问 24】 温度传感器与温度控制器的参数和引脚的功能有哪些？

【答】 温度传感器与温度控制器的参数和引脚的功能见表 4-30。

表 4-29 D - A 转换器的主要技术参数与 D - A 转换器引脚的功能

D - A 转换器的主要技术参数			D - A 转换器引脚的功能	
参数符号	参数名称	说 明	引脚符号	功 能
V_{LSB}	最小输出电压增量	数字量变化一个单位时, 输出电压的变化量	V_{OUT}	模拟输出端
V_{FSV}	满量程 (Full Scale Range) 输出电压	数字量为 11...1 时的输出电压值		
RES	分辨率	最小输出电压增量与最大输出电压的比值来表示。分辨率常用输入二进制数的有效位数表示	V_A	电源端
CON	转换精度	偏移误差、增益误差	GND	接地端
INL	积 分 非 线 性 误差	在满量程范围内, D - A 转换器实际值偏离理想转换特性的最大值	SDA	数据输入输出端
DNL	微 分 非 线 性 误差	在理想情况下, 任意两个相邻输入数据所对应的输出差值为 1LSB, 偏离这个理想值的最大偏差		
T_{OUT}	输出建立时间	输入数据改变到输出进入规定的误差范围内所需要的最大时间	SCL	时钟端
		普通 DAC 的建立时间为几到几百微秒	ADRO	数字输入端
		高速 DAC 的建立时间小于几微秒		
F_{SO}	全量程输出		V_{REF}	基准电压端
I_{OS}	输出短路电流			
C_L	最大负载电容			
Z_{OUT}	直流输出阻抗			

表 4-30 温度传感器与温度控制器的参数和引脚的功能

温度传感器与温度控制器参数		温度传感器与温度控制器引脚的功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
I_S	电源电流	HYST	滞环控制端
		GND	接地端
I_{OUT}	逻辑 “1” 输出泄漏电流	V_{TEMP}	模拟输出电压端, 正比于温度
		V_+	电源端
V_{OUT}	逻辑 “1” 推挽输出电压	$\overline{OS}$	过热关机端, 漏极开路结构, 低电平恒温数字输出
		OS	过热关机端, 推挽结构, 高电平恒温数字输出
V_{IH}	高电平, 阈值电压	$\overline{US}$	欠温关断端, 漏极开路结构, 低电平恒温数字输出
V_{IL}	低电平, 阈值电压	US	欠温关断端, 推挽结构, 高电平恒温数字输出

【问 25】 开关电容电压转换器的参数与开关电容电压转换器引脚的功能有哪些？

【答】 开关电容电压转换器的参数与开关电容电压转换器引脚的功能见表 4-31。

表 4-31 开关电容电压转换器的参数与开关电容电压转换器引脚的功能

开关电容电压转换器参数		开关电容电压转换器引脚功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
$V+$	电源电压	GND	接地端
I_Q	电源电流		
I_{SD}	关断电源电流	OUT	负电压输出端
V_{SD}	关断引脚输入电压	CAP -	外接电荷泵电容负极端
I_L	输出电流		
R_{OUT}	输出电阻	$\overline{SD}$	关断端
f_{OSC}	振荡频率	$V+$	电源端
f_{SW}	开关频率		
P_{EFF}	电源效率	CAP +	外接电荷泵电容正极端
V_{OEFF}	电压转换效率		

【问 26】 DC/DC 变换器的参数与 DC/DC 变换器引脚的功能有哪些？

【答】 DC/DC 变换器的参数与 DC/DC 变换器引脚的功能见表 4-32。

表 4-32 DC/DC 变换器的参数与 DC/DC 变换器引脚的功能

DC/DC 变换器参数		DC/DC 变换器引脚的功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
V_{FB}	反馈电压（跳变点）	SW	开关端
I_{CL}	开关限制电流		
I_B	反馈端偏置电流		
V_{IN}	输入电压范围	GND	接地端
R_{DSON}	开关导通电阻		
T_{OFF}	开关时间		
I_{SD}	关断端电流	FB	输出电压反馈输入端
I_L	开关漏电流		
V_{UVP}	输入欠压锁定		
V_{UVLO}	欠压保护	$\overline{SHDN}$	关断控制输入端
f_{SW}	开关频率		
D_{MAX}	最大占空比		
D_{MIN}	最小占空比	V_{IN}	电源输入端
I_{EN}	使能端电流		
I_{SW}	开关漏电流		
V_{EN_TH}	使能端阈值	BOOST	升压电压端
I_{BOOST}	BOOST 端电流		
		EN	使能控制端

【问 27】 LED 转换器/驱动器的参数有哪些？

【答】 LED 转换器/驱动器的参数见表 4-33。

【问 28】 LED 转换器/驱动器引脚的功能有哪些？

【答】 LED 转换器/驱动器引脚的功能见表 4-34。

表 4-33 LED 转换器/驱动器的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
CX 脚		V_{OVP} 脚	
I_{CHG}	CX 脚充电电流	V_{OVP}	输出过电压保护
I_{DIS}	CX 脚放电电流	I_{OVP}	V_{OVP} 脚输入电流
$I_{\text{DIS}}/I_{\text{CHG}}$	充电与放电电流比	V_{IN} 脚	
$V_{\text{CX,HIGH}}$	CX 脚阈值电压 +	$V_{\text{IN,LOW}}$	欠压锁定
$V_{\text{CX,LOW}}$	CX 脚阈值电压 -	$I_{\text{IN,OFF}}$	关断电源电流
V_{OSC}	CX 脚振荡电压	$I_{\text{IN,ON}}$	静态电源电流
LX 脚		I_{Q}	静态电流
I_{LIMIT}	电感极限电流	f_{SW}	开关频率
R_{IN}	总电阻	I_{LED}	LED 电流
R_{SC}	内部电阻	V_{UVLO}	欠压锁定 (UVLO) 阈值
SW 脚		I_{SD}	关断电流
$V_{\text{SW, DS}}$	输出场效应晶体管漏极到源极电压	V_{FB}	FB 端电压
$R_{\text{DS-ON}}$	开关场效应电阻	I_{LIM}	开关限制电流
$I_{\text{SW,OFF}}$	输出场效应晶体管开关漏电流	R_{SW}	开关“通”阻抗
FB 脚		T_{SD}	热关断温度
V_{REF}	基准电压	T_{HYST}	热滞温度
I_{FBIN}	FB 脚输出电流	$I_{\text{reg(SS)}}$	稳态电流
EN 脚		$I_{\text{reg(P)}}$	脉冲电流
$V_{\text{EN,HIGH}}$	EN 脚输入电压 +	V_{OVERHEAD}	架空电压
$V_{\text{EN,LOW}}$	EN 脚输入电压 -		
I_{ENIN}	EN 脚输入偏置电流		

表 4-34 LED 转换器/驱动器引脚的功能

参数符号	功 能	参数符号	功 能
$\overline{\text{SHDN}}$	关断端	LX	电感输入连接端
CTL	控制端，关机或调光控制。一般连接外部启用或调光电路	OVD	输出电压检测端
		SW	开关端
CX	振荡器频率调整端	V_{BAT}	电源端
EN	启用端	V_{CC}	电源端
FB	反馈端	V_{IN}	电源输入端
GND	接地端	V_{OUT}	输出电压
I_{SET}	可编程 LED 电流输入端	V_{OVP}	输出检测端，过电压保护电路
LED _ rtn	LED 电流传感输入连接端		

【问 29】 二次调节器/驱动器的参数有哪些？

【答】 二次调节器/驱动器的参数见表 4-35。

表 4-35 二次调节器/驱动器的参数

参数符号	名 称	参数符号	名 称
A_v	电压增益	I_q	静态电流
V_N	输出噪声电压	R_f	内部反馈电阻
G_m	跨导	V_{REG}	稳压
I_L	输出泄漏电流	V_{SAT}	输出饱和

【问 30】 基准集成电路的参数与基准集成电路引脚的功能有哪些？

【答】 基准集成电路的参数与基准集成电路引脚的功能见表 4-36。

表 4-36 基准集成电路的参数与基准集成电路引脚的功能

基准集成电路参数		基准集成电路引脚的功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
V_{REF}	输出电压初始精度	NC	空脚端
V_{OUT}	基准输出电压		
TCV_{REF}	温度系数		
I_Q	电源电流	GND	接地端
$\Delta V_{REF}/\Delta V_{IN}$	电压调整率	EN	使能端
$V_{IN} - V_{REF}$	压降		
V_N	输出噪声电压	V_{IN}	电源端
I_{SC}	短路电流		
V_{IL}	使能端最大输入低电平	V_{REF}	基准输出端
V_{IH}	使能端最小输入高电平		

【问 31】 逻辑集成电路的参数与逻辑集成电路真值表中的英文符号有哪些？

【答】 逻辑集成电路的参数与逻辑集成电路真值表中的英文符号见表 4-37。

表 4-37 逻辑集成电路的参数与逻辑集成电路真值表中的英文符号

逻辑集成电路的参数		逻辑集成电路的参数	
参数符号	名 称	参数符号	名 称
V_{CC}	电源电压	V_{OL}	输出电压——低电平
V_{IN}	输入电压	I_{IN}	输入漏电流
V_{OUT}	输出电压	I_{CC}	静态电流
I_{IK}	直流输入二极管电流	$t_{pLH}、t_{pHL}$	传输延迟时间
I_{OK}	直流输出二极管电流	C_{IN}	输入电容
I_{OUT}	直流输出电流	C_{PD}	功率耗散电容
P_D	功耗	逻辑集成电路真值表中的英文符号	
T_{stg}	贮存温度	符号	功 能
T_{opr}	工作温度	X	任意
V_{IH}	输入电压——高电平	Z	高阻抗
V_{IL}	输入电压——低电平	H	高电平
V_{OH}	输出电压——高电平	L	低电平

【问 32】 LVDS 线路接收器的参数与 LVDS 线路接收器引脚的功能有哪些？

【答】 LVDS 线路接收器的参数与 LVDS 线路接收器引脚的功能见表 4-38。

表 4-38 LVDS 线路接收器的参数与 LVDS 线路接收器引脚的功能

LVDS 线路接收器参数		LVDS 线路接收器参数	
参数符号	名 称	参数符号	名 称
LVDS 输入（IN +，IN -）		t_{PLHD}	微分传输延迟低电平到高电平
V_{TH}	差分输入高阈值	t_{TLH}	上升时间
V_{TL}	差分输入低阈值	t_{THL}	下降时间
$I_{\text{IN}+}$ ， $I_{\text{IN}-}$	输入电流	I_{CC}	电源电流
I_{INO}	掉电输入电流	LVDS 线路接收器引脚的功能	
R_{IN}	输入电阻	引脚符号	功 能
LVTTTL/LVC MOS 输出（OUT）		V_{CC}	电源端
V_{OH}	输出高电压	GND	接地端
V_{OL}	输出低电压	IN -	反相 LVDS 差分输入端
I_{OS}	输出短路电流	IN +	同相 LVDS 差分输入端
其他		OUT	LVTTTL/LVC MOS 输出端
t_{PHLD}	微分传输延迟高电平到低电平		

【问 33】 负载开关的参数与负载开关引脚的功能有哪些？

【答】 负载开关的参数与负载开关引脚的功能见表 4-39。

表 4-39 负载开关的参数与负载开关引脚的功能

负载开关参数		负载开关引脚的功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
$V_{\text{EN(th)}}$	EN 端阈值电压	V_{OUT}	输出端
I_{EN}	EN 端输入电流		
I_{VIN}	OFF 状态漏电流		
$R_{\text{DS(ON)}}$	场效应晶体管 D - S 导通电阻	GND	接地端
R_{SHUTDOWN}	关断阻抗	EN	使能端
$t_{\text{D(ON)}}$	导通延迟时间		
t_{T}	导通上升时间	V_{IN}	输入端
$t_{\text{D(OFF)}}$	关断延迟时间	NC	空脚端
t_{f}	关断下降时间		

【问 34】 电平转换器的参数与电平转换器引脚的功能有哪些？

【答】 电平转换器的参数与电平转换器引脚的功能见表 4-40。

表 4-40 电平转换器的参数与电平转换器引脚的功能

电平转换器参数		电平转换器引脚的功能	
参数符号	名 称	引脚符号	功 能
V_{IH}	输入高电压	V_{CC1}	电源端
V_{IL}	输入低电压		
V_{OH}	输出高电压	NC	空脚端
V_{OL}	输出低电压	A	数字输入端
t_{PHL}, t_{PLH}	传输延迟		
I_I	输入泄漏电流	GND	接地端
I_O	输出电流	Y	数字输出端
V_{CC}	电源		
I_{CC}	静态电源电流	V_{CC2}	电源端
C_{AOFF}	端口 A 关断电容	$\overline{EN}$	使能端
C_{BOFF}	端口 B 关断电容	$\overline{SEL}$	电平转换选择端
C_{IN}	控制输入电容		
R_{ON}	导通电阻	B	端口 B，输入或输出

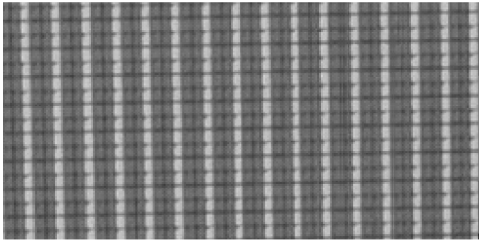
第 5 章 液晶屏与触摸屏、摄像头

5.1 液晶屏

【问 1】 LCD 产品类型有哪些？

【答】 LCD 产品类型见表 5-1。

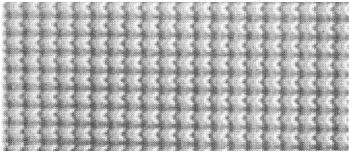
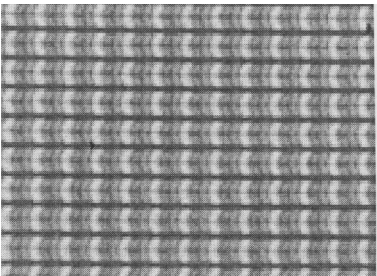
表 5-1 LCD 产品类型

类 型		说 明	
显示模块	字符型显示模块 LCM	用于显示字符与数字的液晶屏	根据分辨率，可以分为 8×1、16×1、16×2、16×4、20×2、20×4、40×2、40×4 等 16×1 一行可显示的字符(数字)数 指显示行数
	图形点阵型显示模块 (LCM)	可以动态地显示字符和图片的液晶屏	可图形点阵型显示模块可分为 TN、STN、FSTN、TFT 等类型。其中，TN 类液晶屏只用于生产字符型液晶显示模块。另外，还可以分为行、列驱动型，行、列驱动—控制型，行、列控制型
	位段型液晶显示模块	只能显示数字和部分字母的液晶屏	一般是显示 8 字与一点。位段型液晶显示模块可以分计数模块、计量模块、计时模块
原理、材料、技术	STN (Super Twisted Neumatic) 类液晶屏	液晶分子扭曲 180° ，还可以扭曲 210° 或 270° 等	即超扭曲向列型布列液晶屏，属于无源被动矩阵式液晶屏。STN 类液晶屏一般为中小型，有单色的、伪彩色等种类。STN 类液晶屏是在传统单色液晶屏汇总加入了彩色滤光片 一般黑白屏手机的液晶屏都是这种材料。STN 液晶屏具有价格低、能耗小等特点
	TN (Twist Nematic) 类液晶屏	液晶分子扭曲连续扭转 90°	即曲向列型液晶，它是在涂有透明导电层的两片玻璃基板间夹上一层正介电导向性液晶，液晶分子可连续扭转 90°。然后上下各加一偏光片，底面加上反光片。TN 液晶屏只能显示红/绿/蓝各 64 色，最大实际色彩仅有 262144 种，一些中低端产品采用该类液晶屏 TN 类液晶屏一般属于软屏。屏幕特点图例如下： 
	TN + film (补偿膜) 类液晶屏	属于 TN 液晶屏的改良版	film 补偿膜用于弥补 TN 面板可视角度的不足。TN + film (补偿膜) 类液晶屏目前可视角度都达到 160° 一些中低端产品采用该类液晶屏

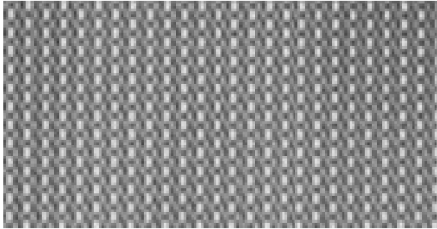
(续)

类 型		说 明	
原理、材料、技术	B - TN 类液晶屏	属于 TN 液晶屏的改良版	B - TN 类液晶屏是三星开发的一种液晶屏。B - TN 类液晶屏主要是平衡 TN 面板高速响应与画质之间的矛盾，同时对对比度可达 700: 1
	DSTN (Double STN) 类液晶屏	DSTN 液晶只可以实现伪彩色显示，容易出现串扰现象，不能显示真正的活动图像	上下屏分别由两个数据通道传送数据，很多液晶屏内部增加了驱动电源的变换部分，无需外部输入高驱动电压，也可实现单电源供电
	CSTN 类液晶屏	属于 STN 的一类	CSTN 液晶屏一般采用传送式照明方式，必须使用外光源照明，称为背光，照明光源要安装在 LCD 的背后
	HPA 类液晶屏	属于 DSTN 的改良型	HPA 类液晶屏即为高性能定址或快速 DSTN。其能提供比 DSTN 更快的反应时间、更高的对比度、更大的视角，成本与 DSTN 接近 HPA 类液晶屏在低端笔记本电脑液晶屏具有一定的市场
	TFT (Thin Film Transistor) 类液晶屏	易实现真彩色	TFT (Thin Film Transistor) 为薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器件，在每个像素点上设计一个场效应开关管。TFT 液晶屏具有响应时间比较短、色彩艳丽、对比度高、层次感强等特点，但是耗电大，成本较高 笔记本计算机、DV 等产品一般采用 TFT 液晶屏
	GF (Glass Fine Color) 液晶屏	GF 液晶屏属于 STN 的一种	GF 液晶屏主要特点为：在保证功耗较小的前提下亮度有所提高，但 GF 液晶屏有些偏色问题 数码产品用 GF 液晶屏较少，GF 液晶屏也有少数在手机上应用
	CG 液晶屏	即为连续结晶硅液晶屏	CG 液晶屏是高精度优质液晶屏，可以达到 QVGA (240 × 320) 像素规格的分辨率。CG 液晶屏在一些手机上有应用
	TFD (Thin Film Diode) 液晶屏	TFD 液晶屏属于有源矩阵液晶屏	TFD 液晶屏上的每一个像素都配备了一颗单独的二极管，可以对每个像素进行单独控制，使每个像素间不互相影响 TFD 液晶屏兼顾了 TFT 液晶屏与 STN 液晶屏的优点。TFD 液晶屏比 STN 液晶屏的亮度更高、色彩更鲜艳。TFD 液晶屏比 TFT 液晶屏更省电，但是色彩与亮度比 TFT 液晶要差一些 TFD 液晶屏一般用于手机屏幕
	OLED (Organic Light Emitting Display) 液晶屏	有机发光显示屏	OLED 液晶屏不需要背光灯，它是采用非常薄的有机材料涂层与玻璃基板，当有电流通过时，这些有机材料就会发光。具有视角很大、屏可以做得很薄等特点
	UFB 液晶屏	专门为移动电话与 PDA 设计的液晶屏	UFB 液晶屏具有超薄、高亮度等特点。可以显示 65536 色，分辨率可以达到 128 × 160 的分辨率。其采用特别的光栅设计，减小像素间距，获得更佳的图片质量。UFB 的特点：耗电比 TFT 少，价格与 STN 差不多

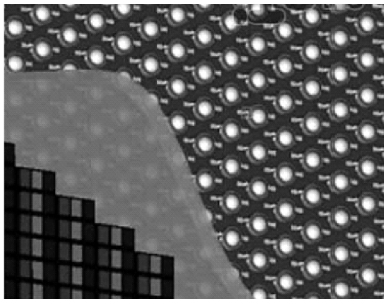
(续)

类 型	说 明	
VA 类液晶屏	包括 MVA 液晶屏与 PVA 液晶屏	VA 类液晶屏在中、高端液晶产品应用较多。它属于广视角面板。VA 类液晶屏正面对比度最高，但是屏幕均匀度不够，常发生颜色漂移现象 VA 类液晶屏一般属于软屏。屏幕特点图例如下： 
MVA (Multi-domain Vertical Alignment) 类液晶屏	即多象限垂直配向技术液晶屏	MVA 技术属于富士通开发的技术。MVA 液晶屏可以提供更大的可视角度，一般可达到 170°。奇美电子、友达光电等产家有生产该类型的液晶屏
P-MVA 类液晶屏	属于 MVA 液晶屏改良版	P-MVA 类液晶屏可视角度水平可达的 178°，灰阶响应时间可达 8ms 以下
PVA (Patterned Vertical Alignment) 类液晶屏	属于 VA 类液晶屏，是图像垂直调整技术	PVA 是 MVA 技术的继承者与发展者，是三星公司开发的技术。PVA 采用透明的 ITO 电极代替 MVA 中的液晶层凸起物，透明电极可以获得更好的开口率，最大限度减少背光源的浪费
S-PVA 类液晶屏	属于 PVA 液晶屏改良版	具有极宽的可视角度与越来越快的响应时间
IPS (In-plane Switching) 类液晶屏	即平面转换液晶屏	IPS 液晶屏也叫做“Super TFT”液晶屏，是日立公司开发的技术。该类型的液晶屏两极都在同一个面上，而不是在上下两面，立体排列。液晶分子开口率降低，减少了透光率，需要更多的背光灯 IPS 类液晶屏一般属于硬屏。屏幕特点图例如下： 
S-IPS 类液晶屏	属于 IPS 液晶屏改良版	
SA-SFT 类液晶屏	SA-SFT 为 Super Advanced-Super Fine TFT 的缩写。SA-SFT 属于 IPS 技术的一个分支。它是将液晶层中的液晶分子平行于电极与基板排列，而液晶分子需要偏转时也同样是在基板平行的平面内进行。另外，还将通用电极与像素电极在一块基板上交错排布，其上下视角与左右视角宽达 170° SA-SFT 技术是 NEC 公司的技术	

(续)

类 型		说 明	
原理、材料、技术	CPA (Continuous Pinwheel Alignment) 类液晶屏	即模式广视角技术	该类液晶屏的各液晶分子是朝着中心电极呈放射的焰火状排列。像素电极上的电场是连续变化的 CPA 液晶屏一般属于软屏。屏幕特点图例如下： 
	ASV 类液晶屏	夏普宣传的 ASV 液晶屏是把所采用过 TN + Film、VA、CPA 广视角技术的产品统称为 ASV。ASV 类液晶屏主要应用于夏普产品中	
	ExtraView 类液晶屏	ExtraView 技术是 NEC 的技术。ExtraView 技术液晶屏主要是扩大可视角度、增加了浏览角度	
			ExtraView 技术液晶屏目前只应用于 NEC 的液晶产品中
	OCB(Optical Compensated Birefringence) 类液晶屏	OCB 技术是日本松下开发的，其完全以新开发的液晶材料与光学补偿膜作为核心材质，是一种高速反应的光学的自己补偿型复折射式技术，视角达 140° 以上、反应时间 10ms 以内、色纯度为传统 TFT 三倍以上	
			该类液晶屏多半用于娱乐视听型彩色液晶显示器以及 Panasonic PC 用彩色液晶显示器中
	FFS (Fringe Field Switching) 类液晶屏	FFS 技术是现代开发的，该类液晶屏不需要额外的光学补偿膜，主要是将 IPS 的不透明金属电极改为透明的 ITO 电极，并缩小电极宽度与间距。其视角达 160°	
	UFFS (Ultra FFS) 类液晶屏	FFS 技术的改良版，其主要特点是将原色重现率提升至 75% 以上	
	DID (Digital Information Display) 类液晶屏	DID 液晶屏改善了液晶分子排列结构，可以横向纵向吊顶放置。DID 液晶屏一般用于商业与行业液晶屏用	
	a - Si TFT 类液晶屏	薄膜晶体管是由无定形硅 (a - Si) 形成的。生产出来的晶体管用作各个像素的开关	
	LTPS 类液晶屏	LTPS 为低温多晶硅，LTPS 为 Low Temperature Ploy Silicon 的缩写。LTPS 的电子移动速度要比 a - Si 快 100 倍。LTPS 制程温度为 500 ~ 600℃，且依各个制造商的制程而稍有差异	
	HTPS (High Temperature Poly - Silicon) 类液晶屏	HTPS 为高温多晶硅，俗称高温玻璃。属于主动点矩阵式、TFT 液晶屏的一种。其主要特点是在面板的制造过程中，有一道 Laser Anneal (激光退火) 制程，它的温度超过 1000℃	
		HTPS 液晶屏具有体积小、高分辨率、高穿透度等特点。HTPS 一般应用于放大型的显示产品，在手机、计算机屏幕中一般不应用	

(续)

类 型		说 明
背光	LED 背光液晶屏	具有寿命长、亮度调节简便。图例如下：  根据 LED 背光源技术种类来分类, LED 背光液晶屏可以分为 RGB - LED 液晶屏、白光 LED 液晶屏。根据背光源入射位置来划分, LED 背光液晶屏可以分为直下式 LED 液晶屏、侧入式 LED 液晶屏
	EL - 场致发光背 光液晶屏	具有亮度高、亮度均匀、颜色多样等特点。同时, 其背光需特制的逆变器供电
	CCFL - 冷阴极荧 光灯背光液晶屏	具有亮度高、功耗低、适用于大面积显示所需的背光、色还原很好、亮度可调节、需要相对应的逆变器
硬、软	硬屏	传统液晶屏只需轻轻一碰, 会出现模糊及水纹扩散现象, 而消除这种现象的 S - IPS 屏就是常称的硬屏
	软屏	就是液晶屏只需轻轻一碰, 会出现模糊及水纹扩散现象的一类液晶屏
厂家	双面显示的液晶 屏幕	双面均可以显示的液晶屏幕, 有的是一面利用背光灯显示, 另一面利用自然光反光成像
	夏普液晶屏	夏普液晶屏就是夏普公司生产的液晶屏, 其一般为软屏。夏普电视液晶屏液晶像素一般是六棱硅蜂窝状排列方式, 每个像素周围都有六个不同色的像素 (如红色像素点周围有三个绿像素与三个蓝像素)。并且像素点在横向、纵向、斜向都能构成一条线, 尤其是斜向成线
	LG 液晶屏	LG 液晶屏就是 LG 公司生产的液晶屏。LG 电视屏的液晶像素是呈月牙三角形状, 开口向右排列, 其中也有很少的一部分是向左排列的。LG 第七代屏的像素都是呈月牙状的, 开口向左排列, 在每个月牙状的顶尖处不封口
	三星液晶屏	三星公司的 S - PVA 技术液晶屏液晶像素一般呈微螺旋, 竖条状排列。三星七代屏像素有时呈月牙 (画面不需要太高亮度时) 形, 有时呈直线, 方形
	友达液晶屏	友达公司 PVA 技术液晶屏呈微螺旋, 竖条状排列, 螺旋间距更大。另外友达公司 MVA 技术液晶屏有的呈不连续竖条状排列
	奇美液晶屏	奇美公司的 IPS 液晶屏一般小尺寸液晶 (如 20、22in) 的特点是竖条状, 比三星的长 “V” 开头的液晶屏一般属于奇美液晶屏

(续)

类 型		说 明
等级	A + 屏、AA 级	该类屏具有无斑、没有亮点与暗点，显示稳定无抖动（可以通过 TFT-LCD 专业测试软件进行测试检测）
	A 屏	该类屏具有无斑、亮点与暗点为 2 个以内，显示稳定无抖动（可以通过 TFT-LCD 专业测试软件进行测试检测）。事实上，各地面板厂商对产品的分级各不相同：台系厂商 8 个以下为 A 级；韩系厂商 3 个以下为 A 级；日系厂商 5 个以下为 A 级 有的 A 级划分的标准为 3 个坏点以下，其中亮点不超过 1 个，而且亮点不在屏幕中央区内
	B 屏	该类屏具有超过 2 个以上亮点。B 级划分的标准为 3 个坏点以下，其中亮点不超过 2 个，而且亮点不在屏幕中央区内
	C 屏	该类屏是指带有亮线的 A 屏
显示灰阶的位数	8bit 面板	每个色彩通道上能显示 256 ($2^8 = 256$) 级灰阶的液晶屏
	6bit 面板	每个通道上只能显示 64 ($2^6 = 64$) 级灰阶的液晶屏
	10bit 面板	每个色彩通道上能显示 1024 级灰阶的液晶屏
	真彩面板	即 8bit 面板
	伪真彩面板	即 6bit 面板
长宽比	普屏	长宽比为传统的 4:3 的液晶屏
	宽屏	长宽比为 3:2、16:9 或 16:10 的液晶屏
屏幕尺寸	10.4in、12.1in、13.3in、14.1in、15in、16.1in、10.6in、15.4in、6.4in、8.9in、11.3in、17in 等液晶屏	
接口	LVDS 接口液晶屏	一般 14、20、30PIN 为 LVDS 接口
	TTL 接口液晶屏	一般 25、31、40、41、60、70、75、80、100PIN 接口为 TTL 接口，其中 41PIN 以下为单 6 位，60PIN 以上为双六位屏
	RSDS 接口液晶屏	一般 50、80 (50+30) PIN 接口的为 RSDS 接口
	TMDS 接口液晶屏	一般 (14+20) IN 接口为 TMDS 接口
立体效果	二维液晶屏	不能够体现逼真立体效果的液晶屏
	3D 液晶屏	在液晶的最表层添加了一层凸透镜阵列，使成像显示在这层凸透镜阵列上，最终使观察者在左、右眼上形成不同的图像，达到看到逼真的立体效果
通道	单通道液晶屏	液晶屏与驱动板是单通道传输的关系的液晶屏为单通道液晶屏。另外，通道情况与色彩灰阶结合，则有不同名称：单 6 屏、单 8 屏。其中，单 6 屏常记作 D6 或者 SI6、单 8 屏常记作 D8 或者 SI8。另外，为区别接口，则 TTL 屏、LVDS 屏，分别用 T、L 表示。例如 D8L 就是指 LVDS 接口的单 8 屏
	双通道液晶屏	液晶屏与驱动板是双通道传输的关系的液晶屏为双通道液晶屏。另外，通道情况与色彩灰阶结合，则有不同名称：双 6 屏、双 8 屏。其中，双 6 屏常记作 S6 或者 DO6、双 8 屏常记作 S8L 或者 DO8。另外，为区别接口，则 TTL 屏、LVDS 屏，分别用 T、L 表示。例如 S8L 就是指 LVDS 接口的双 8 屏
输入液晶屏接口信号	模拟液晶屏	输入到液晶屏接口的 RGB 信号为模拟信号的屏就是模拟液晶屏
	数字液晶屏	输入到液晶屏接口的 RGB 信号是数字信号的屏就是数字液晶屏

【问2】 液晶屏参数与特点是怎样的？

【答】 液晶屏参数与特点说明见表 5-2。

表 5-2 液晶屏参数与特点说明速查

名称	说 明																												
亮点	液晶屏在开机状态下有一个像素没有工作一直发亮，该像素就是亮点																												
暗点	暗点就是液晶屏在开机状态下看不到的像素（可以通过 TFT-LCD 专业测试软件进行测试检测）																												
亮线	液晶屏的色彩是一般由横竖扫描线扫描产生的，每根线大约是 0.03mm 宽，如果有线出现短路与开路现象，则就是亮线																												
真彩色与伪彩色	一般人眼可以分辨 2^{18} 色，即 262144 色，所以达到 2^{18} 色和超过 2^{18} 色的被称之为真彩色，否则称之为伪彩色																												
液晶显示模块	液晶显示模块英文为 LCD Module，简称 LCM。其为一种将液晶显示器件、连接件、PCB、背光源、集成电路、结构件装配在一起的组件																												
分辨率	分辨率是指屏幕上水平与垂直方向所能够显示的点数的多少。分辨率越高，同一屏幕内能够容纳的信息就越大。液晶屏的最大分辨率也就是它的真实分辨率，即是最佳分辨率																												
可视面积	也就是用来显示图像的那部分屏幕的面积																												
反应速度	像素由亮转暗、由暗转亮所需的时间。这个数值越小越好																												
点距	液晶屏相邻两个像素点之间的距离。常见的液晶屏点距如下图所示 尺寸、分辨率 <table><tr><td>30in、2560×1600</td><td>0.252</td></tr><tr><td>27in、1920×1200</td><td>0.303</td></tr><tr><td>26in、1920×1200</td><td>0.287</td></tr><tr><td>24in、1920×1200</td><td>0.269</td></tr><tr><td>23in、1920×1200</td><td>0.258</td></tr><tr><td>22in、1680×1050</td><td>0.282</td></tr><tr><td>21in、1680×1050</td><td>0.269</td></tr><tr><td>20in、1680×1050</td><td>0.256</td></tr><tr><td>19in、1440×900</td><td>0.284</td></tr><tr><td>21in、1600×1200</td><td>0.267</td></tr><tr><td>20in、1600×1200</td><td>0.254</td></tr><tr><td>19in、1280×1024</td><td>0.294</td></tr><tr><td>17in、1280×1024</td><td>0.263</td></tr><tr><td>15in、1024×768</td><td>0.298</td></tr></table> 点距 单位：mm	30in、2560×1600	0.252	27in、1920×1200	0.303	26in、1920×1200	0.287	24in、1920×1200	0.269	23in、1920×1200	0.258	22in、1680×1050	0.282	21in、1680×1050	0.269	20in、1680×1050	0.256	19in、1440×900	0.284	21in、1600×1200	0.267	20in、1600×1200	0.254	19in、1280×1024	0.294	17in、1280×1024	0.263	15in、1024×768	0.298
30in、2560×1600	0.252																												
27in、1920×1200	0.303																												
26in、1920×1200	0.287																												
24in、1920×1200	0.269																												
23in、1920×1200	0.258																												
22in、1680×1050	0.282																												
21in、1680×1050	0.269																												
20in、1680×1050	0.256																												
19in、1440×900	0.284																												
21in、1600×1200	0.267																												
20in、1600×1200	0.254																												
19in、1280×1024	0.294																												
17in、1280×1024	0.263																												
15in、1024×768	0.298																												
亮度	画面的明亮程度。其单位为 cd/m^2 。提高亮度的方法有：一种是提高液晶屏的光通过率；另一种就是增加背景灯光的亮度（即增加灯管数量）																												
响应时间	液晶显示器各像素点对输入信号反应的速度，即像素由暗转亮或由亮转暗所需要的时间，也就是反应速度																												
对比比率	屏幕上同一点最亮时（白色）与最暗时（黑色）的亮度的比值，高的对比度也意味着相对较高的亮度与呈现颜色的艳丽程度																												
动态对比度	其指液晶屏在某些特定情况下测得的对比度数值，例如逐一测试屏幕的每一个区域，对比度最大的区域的对比度值。不同厂商对于动态对比度的测量方法不尽相同，一般不能等同对比																												
色彩饱和度	表示液晶显示器色彩的鲜艳程度																												

(续)

名称	说 明
黑白响应时间	是指液晶分子从完全开启状态到完全关闭状态所需要的时间
灰阶响应时间	由于画面并不是彻底地由全黑到全白的变化，多数液晶的转动范围维持在 10% ~ 90% 开启的范围内，该范围内的液晶分子转动时间就是灰阶响应时间
开口率	有效的透光区域与全部面积的比例

【问 3】 液晶相关术语中英文对照是怎样的？

【答】 液晶相关术语中英文对照见表 5-3。

表 5-3 液晶相关术语中英文对照

缩写	英 文	中 文
AA	Active Area	可视面积
A	Applications	应用
BACK	Back light	背光
BD	Block Diagram	框图
BD	Burst Dimming	脉冲调光
CONT	Contrast	对比度
DD	Digital Dimming	位调光
EXT	External	外部
IR	Image Reversion	图像复原
LCDT	LCD Type	液晶屏类型
L/R	Left/Right	左/右
LUM	Luminance	亮度
OD	Outline Dimension	外形尺寸
PIXCON	Pixel Configuration	像素配置
PP	Pixel Pitch	像素点距
RES	Response	响应时间
SIG	Signal	信号
SH	Storage Humidity	贮存湿度
S	Stripe	条
U/D	Up/Down	上/下
VA	Viewing Angle	视角
W	Weight	重量
BLVDS		总线 LVDS
CCFL (CCFT)	Cold Cathode Fluorescent Light/Tude	冷阴极荧光灯
COB	Chip On Board	IC 裸片通过绑定固定于印制电路板上
COF	Chip On Film	芯片被直接安装在柔性 PCB 上。这种连接方式的集成度较高，外围元件可以与 IC 一起安装在柔性 PCB 上

(续)

缩写	英 文	中 文
COG	Chip On Glass	芯片被直接绑定在玻璃上。这种安装方式可大大减小整个 LCD 模块的体积, 适用于消费类电子产品用的 LCD, 如手机、PDA 等便携式电子产品
COPS		梳状电极平面开关
D	Driver	驱动
DPI	Dot Per Inch	点每英寸
Duty	Burst Dimming Duty	脉冲调光占空比
ECB	Electrically Controlled Birefringence	电控双折射
EL	Electro Luminescence	电致发光
f_{BL}	Operating Frequency	工作频率
f_{CLK}	Clock frequency	时钟频率
FFS	Fringe Field Switching	边缘场开关技术
FSTN	Formulated STN	薄膜补偿型 STN, 用于黑白显示
H	Horizontal	行 (水平)
HOP	Operating Ambient Humidity	工作环境湿度
HST	Storage Humidity	贮存湿度
HTN	High Twisted Nematic	高扭曲向列的显示类型
I_L	Lamp Current	灯输入电流
INT	Inverter	逆变器
IPS	In - plane switching	平面开关
I_{RUSH}	Rush current	浪涌电流
ITO	Indium - Tin Oxide	氧化铟锡
LBL	Lamp Life Time	灯泡寿命时间
I_{CC}	Power Supply Current	电源电流
LCD	Liquid Crystal Display	液晶显示器
LED	Light Emitting Diode	发光二极管
LTO	Low Temperature Oxide	低温氧化硅
LVDS	Low Voltage Differential Signaling	低压差分信号传输
NC	No Connection	未连接、空脚
OSD	On Screen Display	在屏上显示
P_e	Power Consumption	消耗功率
PCB	Print Circuit Board	印制电路板
PDP	Plasma Display Panel	等离子体显示
P_L	Power Consumption	功耗
SMT	Surface Mount Technology	表面安装技术

(续)

缩写	英 文	中 文
STN	Supper Twisted Nematic	超扭曲向列的显示类型
TAB	Tape Aotomated Bonding	各向异性导电胶连接方式
TCP	Tape Carrier Package	带载封装
TFT	Thin Film Transistor	薄膜晶体管显示类型
t_{HP}	Horizontal Operating Cycle	行周期
t_{HV}	Horizontal Data Vaild	行数据有效期
T_k	Striking Time	启动时间
TN	Twisted Nematic	扭曲向列的显示类型
T_{OFF}	Fall Time 或 OFF Time	下降时间
T_{ON}	Rise time 或 On Time	上升时间
T_{OP}	Operating Temperature	工作温度
T_{ST}	Storage Temperature	贮存温度
t_{VP}	Vertical Operating Cycle	场周期
t_{VV}	Vertical Data Vaild	场数据有效期
UV	Ultraviolet Rays	紫外光
V_{CC}	Power Supply Voltage	电源电压
VFD	Vacuum Fluorescence Display	真空荧光显示
V_{IH}	TTL Input High Threshold Voltage	TTL 高输入阈值电压
V_{IL}	TTL Input Low Threshold Voltage	TTL 低输入阈值电压
V_L	Lamp Input Voltage	灯输入电压
V_{rms}	Voltage root – mean – squire	电压有效值
V_{RP}	Ripple Voltage	纹波电压
V_S	Lamp Turn On Voltage	灯开启电压
V_{sat}	Saturation Voltage	饱和电压
V_{TH}	Threshold Voltage	阈值电压

【问 4】 LVDS 驱动器的主要电特性参数有哪些？

【答】 LVDS 驱动器的主要电特性参数见表 5-4。

表 5-4 LVDS 驱动器的主要电特性参数

参数符号	功 能	最小值	最大值	单位
V_{OD}	差分输出电压	247	454	mV
V_{OS}	输出偏置电压	1. 125	1. 375	V
ΔV_{OD}	V_{OD} 变化量绝对值	—	50	mV
ΔV_{OS}	V_{OS} 变化量绝对值	—	50	mV
I_{SA}, I_{SB}	短路电流	—	24	mA
t_r/t_f	输出上升时间/下降时间 ($\geq 2000\text{Mbit/s}$)	1. 5	0. 26	ns
	输出上升时间/下降时间 ($< 2000\text{Mbit/s}$)	0. 26	脉冲宽度的 30%	ns

【问 5】 LVDS 接收器的主要电特性参数有哪些？

【答】 LVDS 接收器的主要电特性参数见表 5-5。

表 5-5 LVDS 接收器的主要电特性参数

参数符号	功能	最小值	最大值	单位
I_{IN}	输入电流	—	20	μA
V_{TH}	阈值电压	—	± 100	mV
V_{IN}	输入电压范围	0	2.4	V
V_{IS}	输入偏置电压	0.05	2.35	V

【问 6】 TFT-LCD 液晶屏分辨率有哪些？

【答】 TFT-LCD 液晶屏分辨率见表 5-6。

表 5-6 TFT-LCD 液晶屏分辨率

简称	英文	分辨率	像素数	长宽比
QVGA	Quarter VGA	320×240	76800	4:3
CGA	Color Graphics Adaptor	320×200 ; 640×200		
WQVGA	Wide Quad VGA	400×240		
EGA	Enhanced Graphics Adaptor	640×400	256000	16:10
VGA	Video Graphics Array	640×480	307200	4:3
WVGA	Wide VGA	800×480	384000	15:9
SVGA	Super VGA	800×600	480000	4:3
WSVGA	Wide Super VGA	1024×600	614400	17:10
XGA	Extended Graphics Array	1024×768	786432	4:3
SXGA	Super XGA	1280×1024	1310720	5:4
WXGA	Wide XGA	1280×800 ; 1366×768		
SXGA +	Super Extended Graphics Array	1400×1050	1470000	4:3
WSXGA	Wide Super XGA	1600×1024		
WSXGA +	Wide Super Extended Graphics Array	1680×1050		
UXGA	Ultra XGA	1600×1200	1920000	4:3
WUXGA	Wide Ultra XGA	1920×1200	2304000	16:10
WUXGA +	Wide Ultra Video Graphics Array	1920×1200		
QXGA	Quad XGA	2048×1536	3145728	4:3
QSXGA	Quad Super XGA	2560×2048	5242880	4:3
WQSXGA	Wide Quad Super XGA	3200×2048		
QUXGA	Quad Ultra XGA	3200×2400		
GUXGA		3200×2400	7680000	4:3
QXGA	Quad XGA	2048×1536		

【问 7】 产品应用常见液晶屏类型是怎样的？

【答】 产品应用常见液晶屏类型见表 5-7。

表 5-7 产品应用常见液晶屏类型

名 称	液 晶 屏
手机屏	TFT、STN、CSTN、TFD、UFB、LTPS
笔记本电脑屏	DSTN、TFT、HPA
MP3、MP4、MP5	TFT、OLED、CSTN

【问 8】 一些液晶屏应用手机与 PDA 对照是怎样的？

【答】 一些液晶屏应用手机与 PDA 对照见表 5-8。

表 5-8 一些液晶屏应用手机与 PDA 对照

型 号	厂 家	应 用	简易参数
TD035STED4	统宝	多普达手机 3.5 寸液晶屏、华硕 A636/A632 液晶	
LQ035Q7DH04	夏普	ELL X30	
TD035STEB2	统宝	多普达 696、696i、699 手机 惠普 iPAQr × 3715 富士通 420	尺寸：3.5in 分辨率：240 × 320 颜色：65k
TD035STEB3	统宝	惠普 1717、2110、2410、2750	尺寸：3.5in 分辨率：240 × 320 颜色：65k
TD035STED1	统宝	多普达 D700 一代/银线、O2 XDA IIS、Qtek 9090、Orange SPV M2000	尺寸：3.5in 分辨率：240 × 320 颜色：262k
TD028STEB1	统宝	多普达 818、828、838、828 +；O2 XDA Ii Mini、O2 XDA mini Pro；Qtek s100	尺寸：2.8in 分辨率：240 × 320 颜色：65k/262k
TD035STEB4	统宝	松日 N30、N35、N50；华硕 A620、A620BT	尺寸：3.5in
TD022THEC1	统宝	多普达 566、586、595、e600、596；I - Mate SP4/m、SP5	尺寸：2.2in 分辨率：240 × 320
LMS283GF06	统宝	多普达 S1/HTC Touch /HTC 3450 (CDMA 版本)	
990000004/60H00106 - 00M	统宝	多普达 C750	
TD028TTEC1	统宝	倚天 (Eten) X500 +、倚天 (Eten) X800	
TD022DHEA1/60H00053 - 00M	统宝	多普达 A710	
TD020THEE7/60H00055 - 00M	统宝	多普达 310	
TD028TTEB1	统宝	多普达 P800	
TD035STED1	统宝	多普达 D700	

(续)

型 号	厂 家	应 用	简易参数
TD035STEB3	统宝	惠普 2750	
TD035STEB3	统宝	惠普 2410	
TD035STEB3	统宝	惠普 2110	
TD035STEB3	统宝	惠普 1717	
TD035STED5	统宝	惠普 iPAQ rx1950	
TD035STEB4	统宝	宏基 N50	
TD035STEB4	统宝	宏基 N30	
TD028STEB1	统宝	普达 838 二代屏、多普达 838 屏幕	尺寸: 2.8in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k/262k
TD035STED3	统宝	惠普 2490B、富士通 520	
TC028STEA2	统宝	Qool QDA700	尺寸: 2.8in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
ACX502BMU	索尼	惠普 1935、惠普 1940、惠普 4150、惠普 4155、惠普 4350、惠普 4355、惠普 6315、惠普 6365	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
ACX502BMV - 7	索尼	多普达 D700 (二代) 金线、O2 XDA Iis、Qtek 9090、Orange SPV M2000	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
ACX502BMW	索尼	惠普 1940、惠普 4150、惠普 6300、惠普 HP 6365、Palm Z125	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
ACX526AKM	索尼	多普达 D900、o2 EXTC、FS Loox 720	尺寸: 3.6in 分辨率: 480 × 640 颜色: 65k
ACX523AKM	索尼	惠普 iPAQ hx47xx	尺寸: 4in 分辨率: 480 × 640 颜色: 64k
ACX538AKM - 7	索尼	惠普 iPAQ hw6515、惠普 iPAQ hw6515	尺寸: 3in 分辨率: 240 × 240 颜色: 65k
ACX533AKM	索尼	Treo 650	尺寸: 2.4in 分辨率: 320 × 320 颜色: 65k
ACX706AKM	索尼	多普达 686、QTEK 1010	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320

(续)

型 号	厂 家	应 用	简易参数
ACX502AKN	索尼	多普达 696i、多普达 696 (一代)、多普达 699	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
A0352 - 0819	索尼	索爱 M600	
ACX502BMU	索尼	惠普 6300	
ACX502ALM	索尼	联想 XP618	
ACX525AKM	索尼	索爱 P900	尺寸: 2.8in 分辨率: 208 × 320 颜色: 65k
ACX501AKM - 7	索尼	惠普 3970	尺寸: 3.8in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
LQ035Q7DH02	夏普	DELL Axim X3	
LS030Q7DH01	夏普	Ei280	
LS040V7DD02	夏普	东芝 e800、东芝 e805	
LTP280QV - E01	三星	多普达 818、838、828 + ; O2 XDA mini Pro; QTEK s1	尺寸: 2.8in 分辨率: 240 × 320 颜色: 262k
60H00049 - 00M/ LTP500GV - F01	三星	HTC Advantage	
NL2432DR22 - 12B	NEC	东芝 e330	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320
NL2432DR22 - 11B	NEC	华硕 A600	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320
NL2432HC22 - 23B	NEC	神达 336、339	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320 颜色: 65k
treo 600	奔迈	奔迈 600	分辨率: 160 × 160
TX09D23VM1CAA/ 60H00008 - 00	惠普	惠普 iPAQ 1910	尺寸: 3.5in 分辨率: 240 × 320
TD035STED5	惠普	惠普 iPAQ 1950	
M9204	宏达	HTC S620 Tilt 8925	
M2204	诺基亚	诺基亚 5300、6233	
U608	三星	三星 U608	尺寸: 2.22in 分辨率: 240 × 320 接口方式: 焊接 显示材料: TFT

【问9】 液晶屏命名规律是怎样的？

【答】 液晶屏命名见表5-9。

表 5-9 液晶屏命名

名称	液晶屏命名						
夏普屏	一般以 LQ 加屏的尺寸大小（in）以及一定代表分辨率的标示。其中：						
	标示	X1	F1	U1			
	分辨率	XGA	SXGA	UXGA			
日立屏	一般以 TX 加屏的尺寸大小（cm）以及代表分辨率的数字。其中：						
	标示	31	34	36	38	41	46
	尺寸/cm	12. 1	13. 3	14. 1	15	16	18. 1
	标示	9		5		其他	
	分辨率	SXGA		UXGA		XGA	
LG 屏	一般以 LP、LM、LS、LC 等标示。其中：						
	标示	LP			LM		
	表意	笔记本的薄屏。多为单口 6 位 LVDS（含部分 TMDS）屏			多为厚屏，以 X05、X06、X07 最多		
三星屏	一般以 LTM、LT、LTN 等开头，并且带一个代表尺寸大小的数字标示。另外，表示分辨率的特征见下表：						
	标示	X	W	E	P	U	
	分辨率	多为 XGA	多为 16:9 的分辨率	多为 SXGA	多为 SXGA	多为 UXGA	
	接口特征见下表：						
		标示	T		L		
	分辨率	TTL		LVDS			
NEC 屏	一般以 NL 等开头，并带一个代表分辨率的数字标示以及在后面会有一个 AC 或 BC						
AU 屏	一般以 L、M 等开头						
奇美屏	奇美笔记本屏中多以 N 开头，并以尺寸标示						

【问10】 常规 LVDS 接口液晶屏定义是怎样的？

【答】 常规 LVDS 接口液晶屏定义见表5-10。

表 5-10 常规 LVDS 接口液晶屏定义

类型	定 义										
20PIN 单 6 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	电源	电源	地	地	R0 -	R0	地	R1 -	R1	地
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	空	空	空	空	空

(续)

类型	定 义										
20PIN 双 6 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	电源	电源	地	地	R0 -	R0	R1 -	R1	R2 -	R2
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	CLK -	CLK	R01 -	R01	R02 -	R02	R03 -	R03	CLK1 -	CLK1
20PIN 单 8 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	电源	电源	地	地	R0 -	R0	地	R1 -	R1	地
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	R3 -	R3	空	空	空
30PIN 单 6 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	空	电源	电源	空	空	空	空	R0 -	R0	地
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R1 -	R1	地	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	地	空
	引脚号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	定义	空	空	空	空	空	空	空	空	空	空
30PIN 单 8 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	空	电源	电源	空	空	空	空	R0 -	R0	地
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R1 -	R1	地	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	地	R3 -
	引脚号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	定义	R3	地	空	空	空	空	空	空	空	空
30PIN 双 6 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	电源	电源	地	地	R0 -	R0	地	R1 -	R1	地
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	地	RS0 -	RS0	地	RS1 -
	引脚号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	定义	RS1	地	RS2 -	RS2	地	CLK2 -	CLK2	空	空	空

(续)

类型	定 义										
30PIN 双 8 屏	引脚号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	定义	电源	电源	电源	空	空	空	地	R0 -	R0	R1 -
	引脚号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	定义	R1	R2 -	R2	地	CLK -	CLK	地	R3 -	R3	RB0 -
	引脚号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	定义	RB0	RB1 -	RB1	地	RB2 -	RB2	CLK2 -	CLK2	RB3 -	RB3

注意：每组信号线间电阻 $\approx 120\Omega$ （数字表检测）；20 ~ 100 Ω （指针表检测）

【问 11】 AMT 触控面板与可以适合搭配的液晶面板对照是怎样的？

【答】 AMT 触控面板与可以适合搭配的液晶面板对照见表 5-11。

表 5-11 AMT 触控面板与可以适合搭配的液晶面板对照

AMT 触控面板	适合搭配的液晶面板
AMT 2519 15.4in 五线	AUO B154EW02、B154PW04 CMO N154I4 - L04、N154I6 - L03、N154Z3 - L03、G154H1 - L01 LG LP154WX4、LP154WX7 SAMSUNG LTN154X9、LTN154U1、LTN154AT、LTN154BT、LTN154P1 TOSHIBA LTA154C240F
AMT 2521 22in 五线	AUO M220EW01 CMO M220Z1 - L05、M220J1 - L01、M220J3 - L01 LG LM220WE3、LM220WE1 SAMSUNG LTM220M3、LTM220M1、LTM220CS01
AMT 2522 15.6in 五线	AUO B156XW01 CMO M156B1 - L02、M156B1 - L01、M156B3 - L02 LG LP156WH1 NEC SVA156WX1 - 01TB
AMT 2523 18.5in 五线	AUO M185XW01 CMO M185B1 - L01、M185B1 - L02 SAMSUNG LTM185
AMT 9555 8.9in 四线	AUO A089SW01、B089AW01 CMO N089L6 - L02 CPT CLAA089NA0ACW HANNSTAR HSD089IFW1 - A00 LG LP089WS1 NEC NL10260BC19 - 01D SAMSUNG LMS890 TOSHIBA LTM09C362T、LTM09C362J - 11、LTD089EXYM
AMT 9556	CMO LS080HT111 INNOLUX AT080TN42 PRIME VIEW PD080SL3

【问 12】 液晶面板与适用驱动块对应是怎样的？

【答】 液晶面板与适用驱动块速查见表 5-12。

表 5-12 液晶面板与适用驱动块速查

适用液晶屏	驱动块或者 LVDS 块	适用液晶屏	驱动块或者 LVDS 块
024 - 22V1	9320	Hantech HR24F11#02	7787
1540001660 TS024HAADD04 - 00	5408B	HL2801	5408
1540002660	9325C	HUARUI T - 0012 - B	9325
24008C05 - V1	9325	HUARUI T - 0033 - A - FPC	9325
24WIT36 - FPC01	9320	HW240400F - 3A - 0A - 10	5420
34 M30111A116	1298	JYD - G5060 GWIL36S03240A - A	9325
AF - 240B - 2V4.1 ; AL - 240B - S1	7787	K240QVA - V4 - E	9320
AF240B - 36B V1.0 ; AL240EI - 3501	7787	KFM281E01	9320
AF240EI - 36C V1.0	7785	LDH240 * 320F08M	7785
AF240EI - 36C V2.0	7785	LQ121S1LH13	DS90CF364A、 DS90C * 363A
AF283EI - 37A V1.2	9320	LQ121X1LH22	DS90CF364
AF283P3 - 37A V1.0	9325	LQ150X1LH62	DS90C363、DS90C383、 DS90C363A、 DS90C383A、 THC63LVDF63A、 THC63LVDM63A
CF024LGG31 - 36AV1	9320		
CMS2101 - 03A 080815 080918 - 2801A	5408		
CMS2101 - 3	9325		
DM2432003 - 001	9320	M30111A055	8347
DMS24G01	9325	M403A107	8347
FPC_ HL_ 2401	5408	MCG - G240320DTSW - 20W - TP	IST3032、IST3033
FPC - FTM280C05N	8347	MCG - G320240ZFSW - 201W	IST3032、IST3033
FPC - FTM280F01N	9320	MFC - S07024 V02	8347
FPC - FTP240C09N FTS240B03	8347	SX - 2.4CPT - 9325	9325B
FPC - FTS240D03	1298	TRULY - C TFT8K1081FPC - A1 - E	9320
FPC - FTS240D14	1298	XD028 - V01	9325
FPC - FTS240F01	9320/1505	XJ2402 - V01	8347
FPC - Y80030 V01	9320	YGG000240NS04 - 03	9325
FPC - Y80032 V01 N0711 - 14 - 04	9325	ZC24T04M	9320
FTP240D10N - 01 0703	1298	ZCT - 24FPC - S1	7785
FTP240W17N - 03 080807	9325B	ZCT - 24FPC - S2	9325

【问 13】 一些 LED 液晶屏的特点是怎样的？

【答】 一些 LED 液晶屏的特点见表 5-13。

表 5-13 一些 LED 液晶屏的特点

液晶屏	厂家	LED 电流/mA	灯串电压/V	LED 连接方式	有无驱动
M185B3 - L01	CMO	20	30.8 ~ 36.3 ~ 39.6	11 颗 × 14 串	无
M185B3 - LA1	CMO	20	36.4 ~ 40.3 ~ 44.2	13 颗 × 8 串	无
M185B3 - LE1	CMO	20	36.4 ~ 40.3 ~ 44.2	13 颗 × 8 串	无
M215H3 - LA1	CMO	40	41.6 ~ 45.5	13 颗 × 6 串	无
M236H3 - L02	CMO	20	34 ~ 39.6 ~ 42	12 颗 × 14 串	无
M236H3 - LA2	CMO	40	34 ~ 38.4 ~ 42	12 颗 × 8 串	无

【问 14】 液晶屏有关要点知识的解答是怎样的？

【答】 液晶屏有关要点知识见表 5-14。

表 5-14 液晶屏有关要点知识

项目	说 明
液晶屏排线起什么作用	以笔记本电脑的排线为例进行介绍：液晶屏一种是从屏幕通往显卡部分的排线，一种是从屏幕控制电路通往 TFT 面板的排线。两根线均起着传输显示内容的作用。从屏幕通往显卡部分的排线是传送整个屏幕显示的信号，到了控制电路之后这些信号被分成每个像素要显示的内容再传往 TFT 面板
液晶屏白屏	液晶屏白屏一般是由于液晶屏内部的排线松动或者屏幕与主板的接线松动造成的，也有可能是软件导致
怎样判断是超黑晶屏幕	超黑晶屏幕在黑底色下特别纯正，因此，可以打开一个 DOS 窗口或者进入 DOS 模式，观看黑色底色的纯正程度，以及黑底色与白色字体的对比，超黑晶屏幕的这种对比是非常强烈的
液晶屏更换背光灯管	更换的背光灯管必须使用对应型号的背光灯管。更换灯管一般需要拆开屏幕，因此，需要注意对内部的反光板、TFT 面板进行保护
台式液晶屏与笔记本计算机液晶屏的区别	台式机液晶屏在亮度与对比度上比起笔记本计算机液晶屏要优秀。笔记本液晶屏为了省电往往只有一根背光灯管，而且还要控制这根灯管的功耗。台式机液晶屏采用双灯管、四灯管、八灯管的产品是常见的
液晶屏亮斑	液晶屏亮斑往往是屏幕内部反光板受到外力压迫或者受热产生轻微变形所致，这属于液晶屏的物理损伤
液晶屏变暗	如果从液晶屏本身角度考虑，则可能是灯管老化原因
怎样代换液晶屏	一看液晶屏型号（参数要相符合、接口相同、尺寸可安装、背光灯引脚相同）；二看驱动（芯片）；有的需要换程序
使用液晶屏的注意事项	使用液晶屏的注意事项： 1) 不得使用暴力、压力、冲动力，以免弯曲或扭曲液晶屏 2) 装配或安装液晶屏时，注意清洁工作，以免造成电线短路或恶化偏振片 3) 始终遵循正确的开机顺序时 4) 在液晶屏工作时，不要插入或拔出 I/F 连接器 5) 不要随意拆卸液晶屏 6) 高温或潮湿可能恶化液晶屏，因此，注意贮存条件 7) 启动电压背光约 1000V，因此，需要注意安全 8) 如果液晶材料泄漏出去，应该远离眼睛或嘴。如果接触了手、皮肤或衣服，必须使用肥皂与清水彻底冲洗

(续)

项目	说 明
液晶屏驱动板	液晶屏驱动板主要是用以接收、处理从外部送进来的模拟（VGA）或者数字（DVI）视频信号，并通过屏线送出信号去控制液晶屏正常工作。驱动板上一般具有 MCU 单元——检测、控制中心。因此，液晶屏要与驱动板相匹配 液晶屏驱动板的类型如下： - 按功能 可以分为液晶显示器驱动板、液晶电视驱动板、AV 驱动板、车载驱动板、广告机驱动板、工控驱动板、一体驱动板等 另外，液晶电视驱动板又可以分为 3 合 1 驱动板、4 合 1 驱动板、5 合 1 驱动板等 - 根据驱动液晶屏 可以分为 8 寸驱动板、32 寸驱动板、40 寸驱动板等 - 根据接口 单 LVDS 板、TTL/LVDS 全接口板、TMDS 专用板、AV 驱动板等
液晶屏背光板	液晶屏背光板主要为背光灯的点亮提供电压。因此，液晶屏与背光板提供给背光灯相关量要匹配，连接器好适用
液晶屏灯管数量一般规律	液晶屏灯管数量一般规律如下： 一般笔记本的液晶屏为单灯 15in 液晶显示器一般为双灯或 4 灯 17 ~ 22in 液晶显示器一般是 4 灯或者 6 灯 大于 22in 液晶电视，有 6 灯、8 灯、12 灯、16 灯等
TFT 液晶面板结构	由表及里分别为偏光板、玻璃基板、彩色滤光片、沉积在玻璃基板上的 FET 晶体管电极、液晶、同样沉积在玻璃质基板上的共通电极、底层偏光板、背光板、背光源
高压板的类型	- 根据驱动灯管数量——单灯高压板（常用于 8 in 以下液晶屏、笔记本用液晶屏等） 双灯高压板（部分 15in 液晶屏） 四灯高压板（多数 17in、19in 液晶屏） 六灯高压板（20in 以上液晶屏等） - 背光灯接口形式——窄口高压板、宽口高压板 - 工作电压——5V 供电高压板、12V 供电、18V 供电、24V 供电等 - 常用性——通用高压板、专用高压板
怎样组装液晶屏产品	- 了解液晶屏的类型、接口、分辨率等参数 - 选择驱动板，需要注意与液晶屏的类型参数、程序、尺寸等相匹配 - 选择屏线，需要根据液晶屏的接口类型、接口定义等来选择 - 选择高压板。根据液晶屏的类型以及背光灯个数和接口类型等来选择
怎样代换手机液晶屏	需要根据手机型号、手机液晶显示屏型号、手机液晶显示屏版本来确定代换的液晶屏
排线号	排线号也就是屏排线上的编号。有的设备，例如 MP4、MP5 有用排线号表示屏号的现象

5.2 触摸屏、摄像头

【问 15】 触摸屏的种类及其特点是怎样的？

【答】 触摸屏根据所用的材料及工作原理，可分为电阻式、电容式、红外线式、表面声波等。触摸屏也分为数字式触摸屏与模拟式触摸屏。触摸屏还可以分为需要 ITO（钢锡氧化物）的触摸屏与不需要 ITO 的触摸屏。数字式触摸屏实物如图 5-1 所示，模拟式触摸屏实

物如图 5-2 所示。

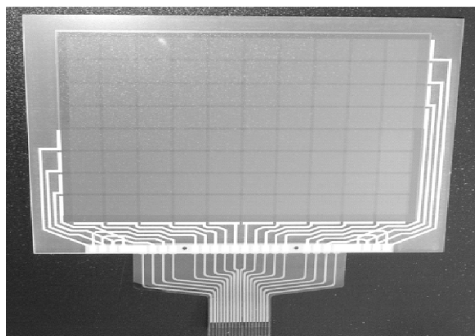


图 5-1 数字式触摸屏



图 5-2 模拟式触摸屏

一些触摸屏的种类以及其特点如下。

1. 电容式触摸屏

电容式触摸屏是在玻璃表面镀上一层透明的特殊薄膜金属导电物质。当手指触摸在金属层上时，手指与导体层间会形成一个耦合电容，触点的电容就会发生变化，使得与之相连的振荡器频率发生变化，通过测量频率变化可以确定触摸位置获得信息。

带按键触摸位置的应用中，把分立的传感器放置在特定按键位置的下面。当传感器的电场被干扰时系统记录触摸与位置。

电容式触摸屏用戴手套的手或手持不导电的物体触摸时没有反应、当环境温度与湿度改变时，电容屏会漂移，造成不准确。

电容式触摸屏最外面的砂土保护玻璃防刮擦性很好，但是怕指甲或硬物的敲击。

2. 电阻式触摸屏

电阻式触摸屏基本原理就是上导体层、下导体层以及这两导体层间的腔。触摸屏工作时，上下导体层相当于电阻网络。当上导体层或者下导体层电极加上电压时，会在该导体层上形成电压梯度。当手触摸触摸屏时使得上下导体层在触摸点接触，此时会在电极未加电压

的另一导体层可以测得接触点处的电压，即可得出接触点处的坐标。电阻式触摸屏结构示意图如图 5-3 所示。

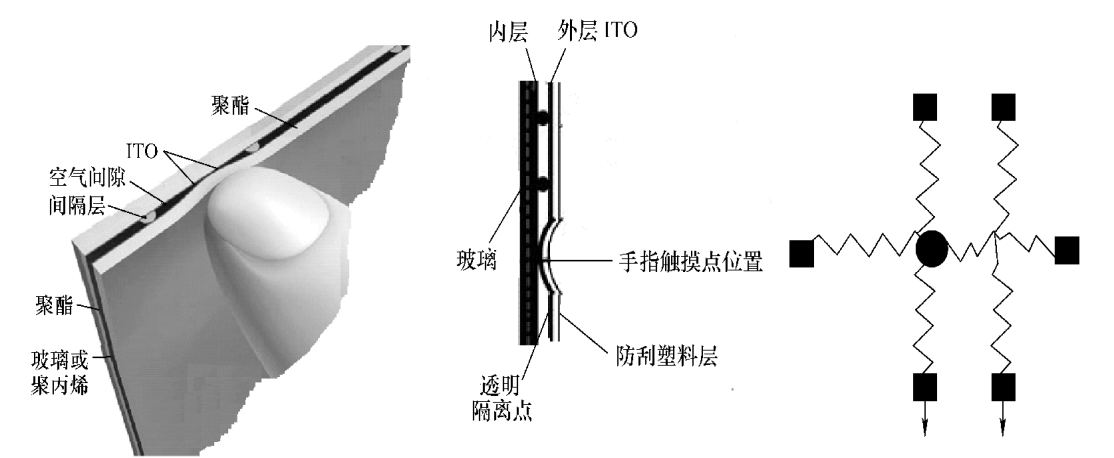


图 5-3 电阻式触摸屏

电阻式触摸屏上导体层、下导体层采用涂有一层透明的 ITO 氧化钢导电层。导体层、下导体层间采用一些隔离支点使两层分开，以便触摸触摸屏时上下导体层在触摸点接触，不触摸时，恢复正常状态。另外，最上面手接触部位（层）往往是硬涂层，以免手接触破坏里面的薄膜。同时，最下面一层外加玻璃或者透明的塑料硬底层用来支撑上面的结构，以免手触摸时，发生异常位移。

另外，实际上触摸屏是由触摸感应膜与液晶显示器组成的，而且触摸感应膜一般位于液晶显示器上面。更换触摸屏更多的是指更换触摸感应膜，如图 5-4 所示。

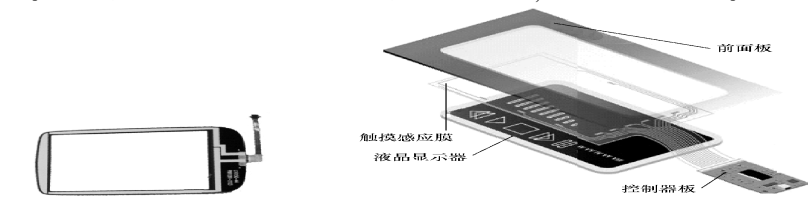


图 5-4 触摸屏由触摸感应膜与液晶显示器组成

【问 16】 多点触摸屏的特点与种类是怎样的？

【答】 多点触摸屏也就是多重触摸屏，多点触摸屏具有多信号通道（普通触摸屏只有一个的信号通道），具有许多纵横交错的检测线以及许多相对独立的触控单元。触摸屏可以支持多个触摸点与控制芯片以及应用软件有关。

多点触摸屏可以分为互电容多点触摸屏与自电容多点触摸屏，结构图见表 5-15。

表 5-15 多点触摸屏

名称	结构图	名称	结构图
自电容多点触摸屏		互电容多点触摸屏	

触摸屏用手指一般能实现轻松操作。但是，如果操作十分生涩，并且反复操作也没有反应，则可能是触摸屏连线有问题。

【问 17】 摄像头有哪些种类？

【答】 摄像头种类有潜望式摄像头、超声波马达模组摄像头（由超声波驱动实现的自动对焦功能）、光学变焦模组、定焦摄像头、闪光灯模块（具有闪光功能）、直流电机伸缩模组（具有自动伸缩功能）、自动微距摄像头、数字式摄像头、模拟式摄像头。

模拟摄像头是将视频采集设备产生的模拟视频信号转换成数字信号，进而将其储存到主存储器中。模拟摄像头捕捉到的视频信号必须经过特定的设备将模拟信号转换成数字模式，以及加以压缩后才能够转换到主存储器上运用。然后经过主存储器编辑，以及通过显示器输出显示。

数字摄像头是直接将摄像单元与视频捕捉单元集成在一起，再通过串、并口或者 USB 接口连接到主系统上。手机上的摄像头主要是直接通过 IO（BTB、USB、MINI USB 等）接口与主系统连接，经过主系统的编辑后以数字信号输出到显示器上显示。

【问 18】 摄像头的工作原理是怎样的？

【答】 摄像头的工作原理为：景物通过镜头生成的光学图像投射到图像传感器表面上，然后转为电信号，并且经过模 - 数转换电路转换后变为数字图像信号，再送到数字信号处理芯片（DSP）中加工处理，再通过 IO 接口传输到主处理器中，然后通过显示器显示景物。

【问 19】 摄像头常见结构的特点是怎样的？

【答】 摄像头常见结构见表 5-16。

表 5-16 摄像头常见结构

名称	说 明
镜头	摄像头的成像关键在于传感器，为扩大 CCD 的采光率必须扩大单一像素的受光面积。镜头一般在传感器的前面，传感器的采光率不是由传感器的开口面积决定的，是由镜头的面积决定的 镜头是由几片透镜组成的，可以分为塑胶透镜（常用 P 表示）、玻璃透镜（常用 G 表示）。镜头也可以是塑胶透镜与玻璃透镜的组合。玻璃透镜比塑胶透镜贵，成像效果好 镜头表示识读方法，例如 1G3P 表示 1 片玻璃透镜与 3 片塑胶透镜组成的镜头
分色滤色片	分色滤色片有 RGB 原色分色法与 CMYK 补色分色法。其中，RGB 原色分色法几乎所有人类眼睛可以识别的颜色都可以通过此方法来组成。CMYK 补色分色法是通过青（C）、洋红（M）、黄（Y）、黑（K）四个通道的颜色配合而成。此方法调出的颜色不如 RGB 的颜色多
感光层 （传感器）	感光层（传感器）主要是将穿过滤色层的光源转换为电子信号，以及将信号传送到影像处理芯片，以还原影像。感光层（传感器）是一种半导体芯片，其表面包含有几十万 ~ 几百万的光敏二极管。这主要是利用光敏二极管受到光照射时，产生电荷的原理 感光层（传感器）常见的类型有电荷耦合器件（Charge Couple Device，CCD）与互补金属氧化物半导体（Complementary Metal Oxide Semiconductor，CMOS）。CMOS 是电压控制的一种放大器件，也是组成 CMOS 数字集成电路的基本单元，同时也可以组成 CMOS 传感器

摄像头 CCD 模块是采用高密度组装技术，安装了一些半导体芯片与许多无源器件到电路板上，使得摄像头不再是镜头、传感器等的分立组合，而是一个高度集成的摄像头模块，如图 5-5 所示。

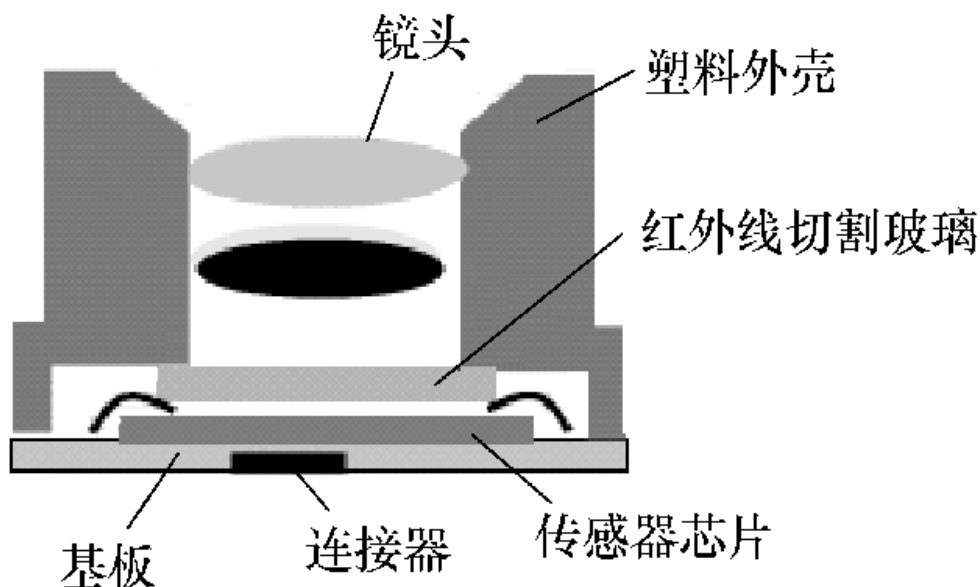


图 5-5 摄像头模块

从图 5-5 可知，摄像头模块由镜头组件、塑料外壳、红外线滤光膜、影像传感器、被动组件、印刷电路板（基板）等组成。

【问 20】 摄像电路中的 A-D 转换器的特点是怎样的？

【答】 摄像电路中的 A-D 转换器，即模拟数字转换器重要指标有转换速度、量化精度。手机中的摄像电路中的 A-D 转换器要求转换速度高，对于量化精度需要 A-D 转换器将每一个像素的亮度、色彩值量化为若干的等级。这等级就是摄像头的色彩深度。量化精度常用色彩位数（bit）表示。有的摄像头模块的 CMOS 集成电路已经内置了数字化传输接口，则 A-D 转换器不需要再另外采用了。

【问 21】 摄像电路中数字信号处理芯片的特点是怎样的？

【答】 数字信号处理（DSP）芯片主要功能是通过一系列复杂的数学算法运算，对数字图像信号参数进行优化处理，并把处理后的信号通过接口传到其他设备中。数字信号处理芯片结构一般包括镜像信号处理器（ISP）、JPEG 图像解码器（JPEG encoder）、USB 设备控制器（USB device controller）等。

【问 22】 摄像头的技术指标以及其特点是怎样的？

【答】 影像质素控制取决于颜色饱和、色调、伽玛等。摄像头的技术指标见表 5-17。

表 5-17 摄像头的技术指标以及其特点

名称	说 明
白平衡	要求在不同的色温环境下，照白色的物体，屏幕上的图像也要是白色，白平衡调节实际是调节三原色的比例，来达到对信号的修正，从而使图像看上去也是白色的
白平衡处理技术	白平衡处理技术要求在不同色温环境下，照白色的物体，屏幕中的图像也要是白色的。传感器没有相应的“白”处理功能，因此需要对传感器输出的信号利用白平衡处理技术进行一定的修正
彩色深度	彩色深度即是色彩位数，其反映对色彩的识别能力与成像的色彩表现能力，一般用多少位的二进制数字来记录三种原色。彩色深度越高，获得的影像色彩就越艳丽。专业型传感器至少是 36 位的
电源	摄像头内部一般需要 3.3V 与 2.5V 两种工作电压
分辨率	分辨率就是指画面的解析度，由多少像素构成。数值越大，图像也就越清晰，一般分辨率是以乘法形式表示出来的。分辨率与显示尺寸有关、显像管点距、视频带宽等因素有关。图像解析度/分辨率如下： CIF (352 × 288) 又称 10 万像素 QCIF (176 × 144) QSIF/QQVGA (160 × 120) SIF/QVGA (320 × 240) SVGA (800 × 600) 又称 50 万像素 SXGA (1280 × 1024) 又称 130 万像素 VGA (640 × 480) 又称 30 万像素 XGA (1024 × 768) 又称 80 万像素
光学变焦	光学变焦依靠光学镜头结构实现变焦。通过镜片移动来放大和缩小景物

(续)

名称	说 明
连拍	连拍是通过节约数据传输时间来捕捉摄影时机，将数据装入相机内部的高速存储器而不是向 SD 卡传输数据，从而可以在短时间内连拍，现在最快的连拍可做到 7 张/s
视角	视角就是成像范围
输出/输入接口	输出/输入接口的种类与特点如下： 串行接口（RS 232/422）——传输速率慢，为 115kbit/s 并行接口（PP）——速率可以达到 1Mbit/s 红外接口（IrDA）——速率 115kbit/s 通用串行总线 USB——USB1.1 最大传输速率可达 12Mbit/s；USB2.0 最大传输速率可达 480Mbit/s；USB3.0 最大传输速率可达 5Gbit/s IEEE1394（火线）接口（即 ilink）——传输速率可达 100M~400Mbit/s
数字变焦	数字变焦通过 DSP，把图片内的每个像素面积增大，从而达到放大的目的，但是图像效果变差
图像格式	图像格式有 RGB24、I420、RGB565、RGB444、YUV4:2:2 等
图像压缩方式	静态图像压缩方式 JPEG 是一种有损图像的压缩方式，其具有压缩比越大，图像质量也就越差。当图像精度要求不高，存储空间有限时，可以选择该格式
图像噪声	图像噪声是指图像中的杂点干扰，具体表现为图像中有固定的彩色杂点
像素	像素分有效像素和最大像素，真正参与感光成像的像素值叫有效像素。经过 DSP 内部通过插值运算所得的像素叫最大像素。像素是构成影像的最小单位，英文为 PIXEL

【问 23】 摄像头与对焦技术的关系是怎样的？

【答】 有的摄像头采用 CMOS 传感器，其可以分为定焦照相模组与自动对焦模组。目前，一些手机照相模组基本上要采用百万像素以上自动对焦模组。

电动机自动对焦技术属于先机械运动的对焦，再拍照，即是靠电动机带动镜头整体移动，分别把远处和近处的物体聚焦到感光芯片的表面上实现摄像。电动机有采用步进电动机的。

波表编码技术自动对焦是采用光学编码实现的先拍照，再电子解码对焦。即用光学镜片来实现图像信息的编码的方式并记录下来。然后，经感光芯片将编码过的图像信息，送到解码芯片进行解码，还原出原始的图像信息。其中，解码中可以实现对不同距离物体的对焦，即实现自动对焦的功能。

【问 24】 摄像头常见问题与原因是怎样的？

【答】 摄像头常见问题与原因见表 5-18。

表 5-18 摄像头常见问题与原因

问题	原 因
暗角	暗角就是照片的四角比中心偏暗。原因如下： 1) 镜头聚焦后的光线不能均衡地照射到传感器表面 2) 镜头小到不能让入射的光线完整均匀地照在传感器表面，从而出现暗角 有些传感器通过提高四个角落的信号增益而将中心和四周的信号拉平，让我们看不到暗角存在
彩点	由于传感器的生产工艺限制无可避免出现一些感光性能不好的感光点

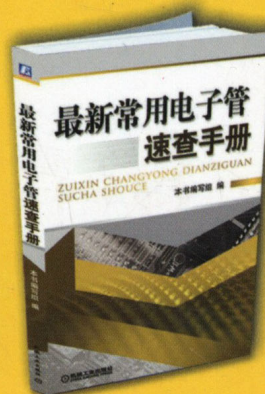
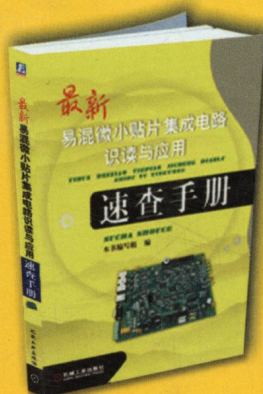
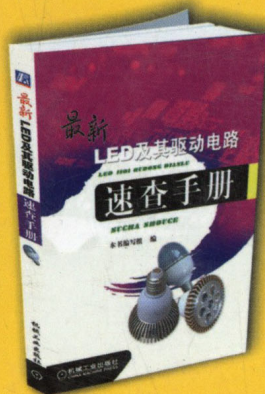
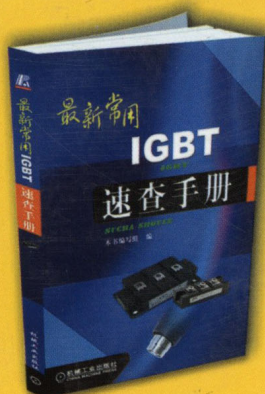
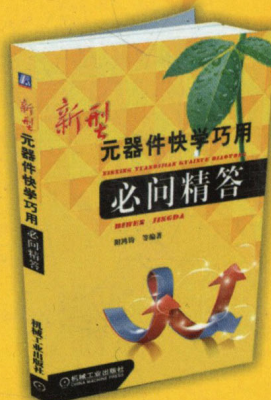
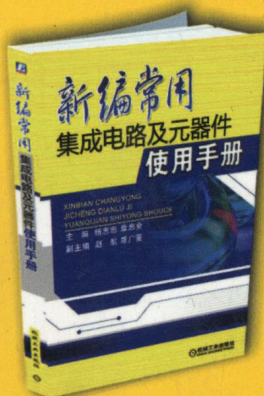
(续)

问题	原 因
鬼影、水纹	一般是传感器与 DSP 之间有些信号线断开
黑角	黑角就是某一角落根本没有光线照射到, 原因可能是镜头固定架异常
黑屏	一般是传感器电源脚开路
画面扭曲	一般是镜头异常, 使光线出现折射等现象
模糊	图像模糊, 可能是镜头不干净或者焦距没调整好等原因引起的
偏色	一般是软件问题, 要修改软件
死点	观看照出来的照片时, 出现一些不协调的黑点或者亮点, 这可能是由于高温或者静电造成感光点破坏而出现死点

编著图书推荐表

姓名		出生年月		职称/职务		专业	
单位				E - mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话			研究方向及教学科目				
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您推荐的国外原版图书有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社 电工电子分社
 邮编：100037 网址：www.cmpbook.com
 联系人：张俊红 电话：13520543780/010-68326336（传真）
 E-mail：buptzjh@163.com（可来信索取本表电子版）



© ISBN 978-7-111-36227-2

© 策划：张俊红 / 封面设计：陈沛

上架指导：工业技术 / 电子技术

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

定价：35.00元

ISBN 978-7-111-36227-2



9 787111 362272 >